

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»
УДК 004.942:658.5.012.1

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ І.Р. Пархомей
(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної
організаційно-технічної системи

Виконав: студент другого курсу, групи ІК-81мп
(шифр групи)

_____ Одинець Тетяна Анатоліївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент, Остапченко К.Б.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант НК к.т.н., доцент, Пасько В.П.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ І.Р. Пархомей
(підпис)

«___» _____ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Одинець Тетяні Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»,

науковий керівник дисертації доцент, к.т.н., доцент Остапченко К.Б.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» 10 2019 р. № 3770-с

2. Термін подання студентом дисертації _____ 18.11.19

3. Об'єкт дослідження організаційно-технічна система і її складові суб'єкти.

4. Предмет дослідження поведінка суб'єктів складної ОТС, що призводить до зміни їх станів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз і класифікація методів прогнозування виходячи з застосовності їх до певних параметрів вихідних даних; аналіз показників та класифікація часових рядів, що відображають зміна станів суб'єктів ОТС; формування процедури вибору моделі прогнозування стану суб'єктів ОТС за результатами аналізу вихідних даних

часових рядів поведінки цих суб'єктів; розробка інформаційного та програмного забезпечення засобів аналізу стану суб'єктів складної ОТС.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій – одна публікація.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
НК	Пасько В.П., доцент		
Перевірка на співпадіння	Лісовиченко О.І., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз особливостей змін моделі ринку електроенергії	02.09.2019 – 12.09.2019	
2	Класифікація методів прогнозування станів суб'єктів ОТС	13.09.2019 – 14.09.2019	
3	Формування вимог до вихідних даних методів прогнозування	15.09.2019 – 20.09.2019	
4	Визначення основних складових системи	21.09.2019 – 25.09.2019	
5	Розробка алгоритмічного рішення	30.09.2019 – 06.10.2019	
6	Розробка програмного забезпечення	07.10.2019 – 13.10.2019	
7	Тестування та налагодження	14.10.2019 – 20.10.2019	
8	Маркетинговий аналіз стартап-проекту	21.10.2019 – 27.10.2019	

Студент

(підпис)

Одинець Т.А.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Остапченко К.Б.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є складна організаційно-технічна система та її складові.

Предметом дослідження є поведінка суб'єктів складної ОТС, що призводить до зміни їх станів.

Метою роботи є підвищення рівня обґрунтованості вибору моделі і якості прогнозування стану суб'єктів складної ОТС за рахунок автоматизації процесів класифікації їх часових рядів і верифікації застосовності методів прогнозування на базі створення експертної системи вибору моделі прогнозування станів суб'єктів ОТС.

У ході роботи проведено аналіз і класифікацію методів прогнозування виходячи з застосовності їх до певних параметрів вихідних даних. Проаналізовано показники та класифікацію часових рядів, що відображають зміну станів суб'єктів ОТС. Сформовано процедури вибору моделі прогнозування стану суб'єктів ОТС за результатами аналізу вихідних даних часових рядів поведінки цих суб'єктів. Розроблено інформаційне та програмне забезпечення засобів аналізу стану суб'єктів складної ОТС.

Магістерська дисертація: 97 с., 24 рис., 42 табл., 2 додатки та 15 посилань.

Ключові слова: організаційно-технічна система, часовий ряд, авторегресійна модель, ринок електроенергії.

ABSTRACT

The object of the study is a complex organizational and technical system and its components.

The subject of the study is the behavior of subjects of complex OTS, which leads to changes in their states.

The aim of this work is to increase the level of validity of model choice and quality of forecasting of subjects of complex OTS by automating the processes of classification of their time series and verification of the applicability of forecasting methods on the basis of the creation of an expert system for selecting the model of prediction of states of OTS.

In the course of the work, analysis and classification of forecasting methods were carried out based on their applicability to certain parameters of the initial data. The indices and classification of time series reflecting the change of states of OTS entities are analyzed. Procedures for selecting a model for predicting the status of OTS subjects based on the analysis of the initial data of the time series of behavior of these subjects are formed. Information and software tools for analysis of the status of subjects of complex OTS have been developed.

Total capacity: 97 pages, 24 pictures, 42 tables, 2 additions and 15 references.

Keywords: organizational and technical system, time series, autoregressive model, electricity market.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів
складної організаційно-технічної системи

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНОЇ ОТС І КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ЇЇ СУБ'ЄКТІВ	13
1.1. Концепція ринку електричної енергії	13
1.2. Складові ОТС ринку електричної енергії.....	16
1.3. Формування ціни на електроенергію	20
1.4. Класифікація методів прогнозування	26
1.5. Аналіз вимог	30
1.6. Постановка задач дослідження.....	31
Висновки до розділу	31
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ СТАНУ СУБ'ЄКТІВ ОТС ЧЕРЕЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ЇХ ЧАСОВИХ РЯДІВ.....	32
2.1. Аналіз показників та специфікація вимог до моделі.....	32
2.2. Класифікація часових рядів	33
2.3. Реалізація моделі опису стану суб'єктів.....	39
Висновки до розділу	48
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ АНАЛІЗУ СТАНУ СУБ'ЄКТІВ.....	49
3.1. Вибір інструментальних засобів реалізації	49
3.1.1. Мова програмування Java	49
3.1.2. База даних Oracle SQL.....	49
3.2. Опис реалізації	50
3.2.1. Функціональна структура модулів програмного комплексу	50
3.2.2. Модуль завантаження та обробки вхідних даних.....	51
3.2.3. Модуль аналізу та опису суб'єкту.....	57
3.2.4. Модуль обробки результатів та інтеграції	61
Висновки до розділу	63

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	64
4.1. Опис ідеї проекту	64
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	66
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	66
4.3.1. Аналіз попиту на ринку	66
4.3.2. Визначення груп потенційних клієнтів	68
4.3.3. Аналіз ринкового середовища	69
4.3.4. Аналіз пропозиції.....	71
4.3.5. Аналіз умов конкуренції в галузі 5 сил М. Портера.....	71
4.3.6. Перелік факторів конкурентоспроможності	72
4.3.7. Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту	73
4.3.8. SWOT-аналіз	73
4.3.9. Альтернативи ринкової поведінки	76
4.4. Розроблення ринкової стратегії.....	76
4.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту.....	80
4.6. Економічне обґрунтування розробки.....	82
Висновки до розділу	84
ВИСНОВКИ	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	87
ДОДАТОК А	89
ДОДАТОК Б	96

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОТС – Організаційно-Технічні Системи

ОСП – Оператор системи передачі

ОСР – Оператори систем розподілу

ОР – Оператор ринку

ОРЦ – Оптова ринкова ціна

ПУП – Постачальник універсальних послуг

ВДР – Внутрішньодобовий ринок

РДН – Ринок «на добу наперед»

ТЕЦ – Теплоелектроцентрально

ГП – Гарантований покупець

ORM – Object Relational Mapping

ВСТУП

Актуальність. Стрімкий технічний прогрес, зумовлений високим рівнем використання, удосконалення та розвитку інформаційних технологій, створює сприятливі умови для їх впровадження в майже всі галузі економічного господарства людини. В свою чергу, сучасні підприємства мають широкий спектр ресурсів, щоб покращити результати своєї діяльності за рахунок впровадження організаційно-технічних систем.

Сучасні організаційно-технічні системи являють собою структурні об'єкти, що можуть включати в себе велику кількість суб'єктів, що мають окрему зону відповідальності за виконання тих чи інших технічних задач, поставлених перед ними та можуть піддаватися впливу зовнішніх факторів. Зовнішні чинники та фактори, що впливають на суб'єкти, за своїми властивостями є складними об'єктами, поведінку яких часто важко встановити або ж неможливо.

Так, економічні ринки збуту вже давно почали набувати всіх властивостей складних організаційно-технічних систем, адже включають в себе певні суб'єкти, складові, що прямо та опосередковано впливають на результати діяльності цілої системи, та в свою чергу, можуть піддаватись зовнішнім факторам. До прикладу, ринок збуту електричної енергії серед населення в Україні є складною організаційно-технічною системою.

Об'єкт дослідження. Складна організаційно-технічна система та її складові.

Враховуючи рівень складності такої системи, а також її вплив на економічне становище в масштабах цілої країни, вкрай важливим є постійний контроль тарифів на електроенергію та можливість забезпечення їх прогнозування.

Предмет дослідження. Поведінка суб'єктів складної ОТС, що призводить до зміни їх станів.

Проте, для реалізації задачі прогнозування поведінки такої складної системи необхідно мати можливість проаналізувати та оцінити стан її суб'єктів

в певний момент часу, тому що кожен з них може піддаватись впливу абсолютно різних за своєю природою чинників та факторів, що безпосередньо впливає на стан всієї системи. Саме тому, наявність програмного комплексу аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи є важливою умовою контролю діяльності такої системи.

Мета роботи. Підвищення рівня обґрунтованості вибору моделі і якості прогнозування стану суб'єктів складної ОТС за рахунок автоматизації процесів класифікації їх часових рядів і верифікації застосовності методів прогнозування на базі створення експертної системи вибору моделі прогнозування станів суб'єктів ОТС.

Аналогом є діючий програмний комплекс, що працює на підприємстві ДП «Оператор ринку» та використовується для отримання вхідних даних, на яких базується алгоритм обрахування тарифів для населення.

Для досягнення мети розглядалися наступні задачі:

- аналіз і класифікація методів прогнозування виходячи з застосовності їх до певних параметрів вихідних даних;
- аналіз показників та класифікація часових рядів, що відображають зміну станів суб'єктів ОТС;
- формування процедури вибору моделі прогнозування стану суб'єктів ОТС за результатами аналізу вихідних даних часових рядів поведінки цих суб'єктів;
- розробка інформаційного та програмного забезпечення засобів аналізу стану суб'єктів складної ОТС.

Апробація результатів. Результати роботи були опубліковані на конференції:

Одинець Т.А., Остапченко К.Б., Оцінка стану об'єкту організаційно-технічної системи через аналіз поведінки його часового ряду. *IV Міжнародна науково-практична конференція «TOPICAL ISSUES OF THE DEVELOPMENT OF MODERN SCIENCE»*. Софія, 2019.

Робота виконувалась в рамках науково-дослідницької роботи кафедри за темою: «Створення гібридної обчислювальної технології побудови квазі-формалізованої моделі прогнозування в умовах неоднорідності даних та ненормативних відхилень в системах організаційного управління» д/р № 0117U002448.

Структура роботи. Магістерська складається з 4 розділів, 15 посилань, 2 додатків.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНОЇ ОТС І КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ЇЇ СУБ'ЄКТІВ

1.1. Концепція ринку електричної енергії

Згідно норм цього Закону з 1 липня 2019 року на території України входить в режим функціонування нова модель ринку електричної енергії, що має за базу європейську модель, яка вже показала себе досить ефективною та наразі працює в країнах Балтики та Скандинавії, Угорщині, Словаччині, Німеччині та Франції [1].

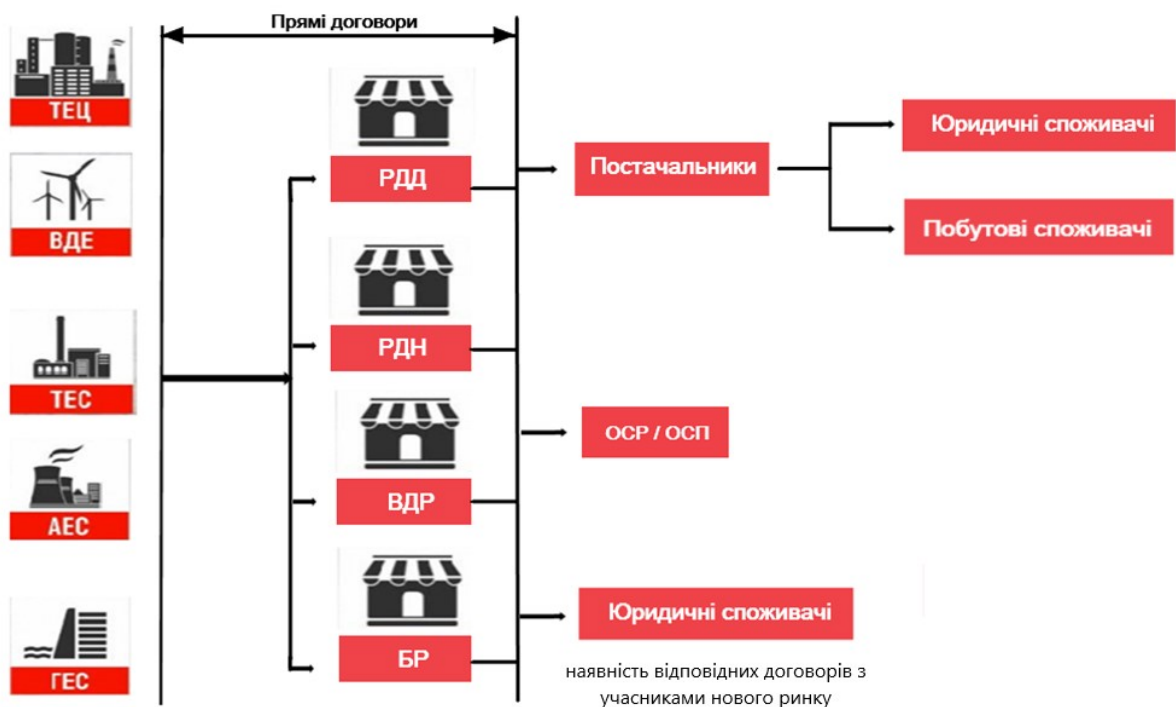


Рисунок 1.1. Структурна схема функціонування ринку електричної енергії

Головна ідея закону полягає в тому, що запропонована модель ринку електричної енергії, де потрібно закуповувати електроенергію на електронних аукціонах призведе до того, що в сегментах генерації електричної енергії і виконання постачань для споживачів виникнуть для створення рівних конкурентних відносини, що вплине безпосередньо на всі суб'єкти ринку, а зокрема на виробників. Це, очевидно, змусить їх підвищувати ефективність роботи своїх підприємств по генерації електричної енергії. Застосування нової

моделі ринку електричної енергії також дозволить вибирати різних постачальників електричної енергії.

Перші торги за новою моделлю – в рамках безпосередніх «двосторонніх договорів» – вперше були проведені 27 червня на Українській енергетичній біржі. Суб'єктами, що були продавцями, виступили державні Енергоатом і Укргідроенерго. А 30 червня вже був запущений новий вид ринку, що має назву ринку «на добу вперед» (РДВ). Суть даного ринку полягає в тому, що компанії, які займаються реалізацією електричної енергії, продають її населенню і бізнесу на наступний день після операції [2].



Рисунок 1.2. Модель ринку електричної енергії України до 2019 року

До 1 липня 2019 року, ринок електричної енергії працював за моделлю «єдиного котла» («єдиного покупця»). Його концепція – всі тарифи для генерації та споживачів встановлювалися профільним регулятором НКРЕКУ. Генеруючі компанії продавали вироблену електроенергію держпідприємству Оператор ринку. Далі електрику закуповували постачальники електричної енергії і перенаправляли її споживачеві. Вартість електрики для промисловості і побутових споживачів була різною: за рахунок перших субсидувалася пільгова електроенергія для населення.

Крім того, самі виробники та кінцеві споживачі напряму не мали жодних взаємовідношень. В свою чергу, електростанції, що відповідали за генерацію

електричної енергії, у повному об'ємі продавали її підприємству ДП «Оператор ринку». Таким чином, вона змішувалася і потім її перепродавали за середньою ціною ще одного рівня посередників ринку, які вже продавали її безпосередньо кінцевим споживачам.

До кінця 2018 року це були підприємства Обленерго. З 1 січня 2019 року, оскільки вступив в силу Закон України «Про ринок електричної енергії», вони були поділені на дві гілки – оператора системи розподілу і компанію-постачальника. Перша з вище наведених, контролює систему транспортування електричної енергії, якою є лінії електропередач. Друга ж в свою чергу – займається продажем електричної енергії на ринку. Проте на сьогоднішній день, де-факто вони мають своїх приватних власників [3].

Населення споживає близько 30% електричної енергії від усього обсягу споживання такої в країні. Варто зауважити, що фіксований тариф для споживачів фізичних осіб зараз є суттєво нижчим не змінювались суттєво з 2017 року. Така модель реалізується через впровадження субсидування. Тобто споживачі юридичні особи, переплачують генерації, щоб у населення були низькі ціни. Тож після запуску нового ринку в Україні мають зникнути більша частина тарифів, які створюються регуляторами ринку. В той же час державне підприємство створює умови функціонування оптового ринку з, ціни на якому формуватися на ринкових умовах.

Тож на відміну від старого підходу роботи ринку електричної енергії, великі споживачі юридичні особи мають всі умови для укладення договорів про купівлю-продажу електричної енергії напряму з суб'єктами генерації такої. Проте споживачі фізичні особи будуть дещо обмежено у виборі. З цим сегментом буде працювати Постачальник універсальних послуг (ПУП) – а також деякі суб'єкти колишнього підприємства Обленерго, які зараз відповідають за поставку електричної енергії [4].

Проте варто зауважити, що є факт – нова модель ринку закладає нові базисні умови для створення в Україні певного прозорого середовища для конкурентної реалізації електричної енергії як товару.

1.2. Складові ОТС ринку електричної енергії

Учасниками Нового ринку електричної енергії в Україні є:

- виробники електричної енергії;
- енергопостачальник, оператор ринку;
- трейдер;
- споживач;
- гарантований покупець (в даний час це ДП «Оператор ринку»);
- оператор системи передачі (в даний час це ДП «НЕК» Укренерго);
- оператор системи розподілу (в даний час це електропередавальні організації).

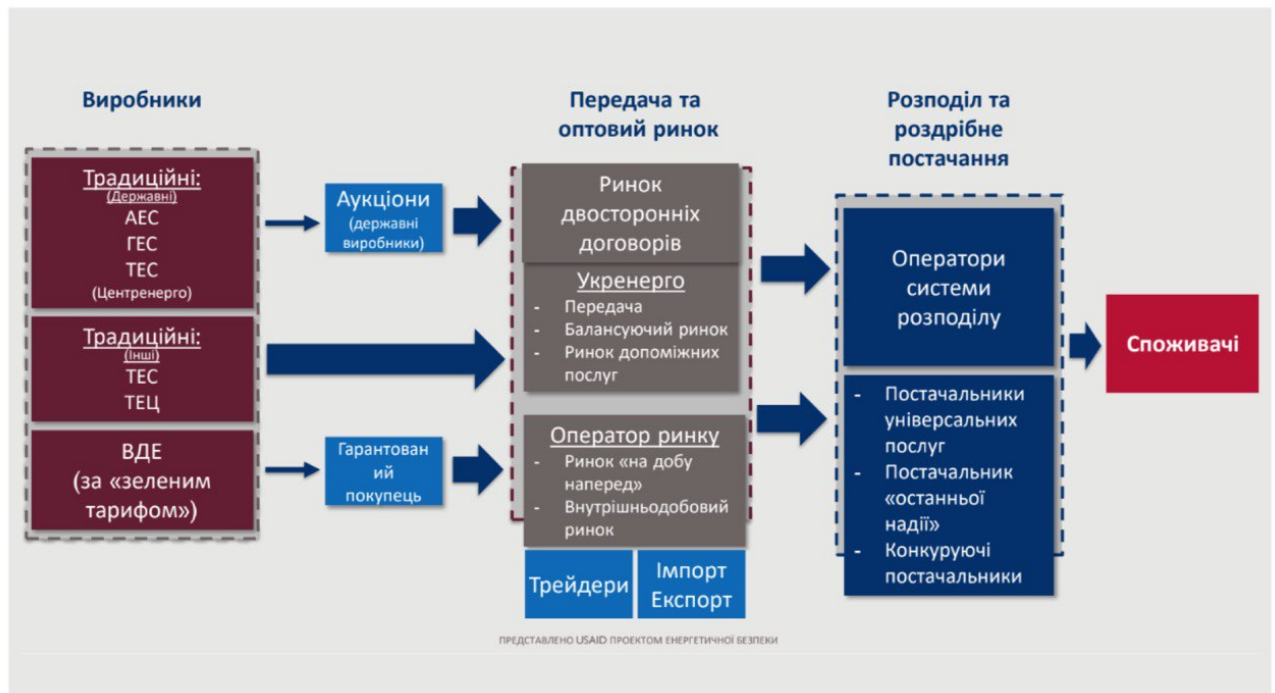


Рисунок 1.3. Нова модель ринку електричної енергії

Учасниками ринку, що функціонує за новою моделлю є наступні суб'єкти господарювання:

Виробники електричної енергії:

- мають виконувати наступні функції та повідомляти ОР про двосторонні договори, укладені ними (враховуючи такі, що укладені на довгий термін, а також контракти для виконання імпорту та експорту), до

того ж мають можливість отримувати доступ про обсяги торгів при необхідності;

- мають виконувати наступні функції та надсилати декларації з відповідними технічними даними, а також приймати участь у тендерах для створення необхідних резервів, використовувати реальні дані про поставки для реєстрації двосторонніх договорів;
- мають виконувати наступні функції: надсилати пропозиції на РДН для купівлі електроенергії для мережі, а також брати участь в ВДР, подаючи заявки на балансуючий ринок для виконання маневрування на ринку.

Оператор ринку:

- виконує функції розрахунку на централізованих ринках, тобто на ринках «на добу наперед» та внутрішньодобовому, враховуючи особливості кожного з них;
- відповідає за реєстрацію всіх двосторонніх договорів між учасниками ринку, враховуючи обробку технічної декларації та інші документальні відомості, що подаються до відповідних регуляторних органів;
- виконує функції на ринках «на добу наперед» та внутрішньодобовому та проводить оцінювання готовності графіків, які формуються на базі двосторонніх договорів, укладених на РДН і ВДР;
- виступає в ролі центрального посередника при виконанні фінансових операцій між суб'єктами купівлі-продажу товару на ринку щодо обсягів електричної енергії, проданих/куплених на РДН та ВДР;
- не має права мати у власності суб'єкти виробництва електроенергії та проводити будь-які операції купівлі-продажу для отримання прибутку.

Треjder:

- закупляє електроенергію у виробників;
- продає електроенергію постачальникам;
- повинен повідомляти про свої двосторонні договори ОР;

- мають виконувати наступні функції та мати фінансові рахунки та інструменти.

Споживачі:

- мають виконувати наступні функції та повідомляти ОР про свої двосторонні договори, подавати заявки на ринку на добу наперед та внутрішньодобовому ринку.

Гарантований покупець:

- зобов'язаний придбати повністю всю електричну енергію, що була вироблена виробниками за «зеленим» тарифом.

Оператор системи передач (ОСП):

- забезпечує роботу системи передачі і фізичне балансування системи відповідно до умов Кодексу системи передачі;
- відповідає за надання актуальних показників значень обліку в системі передачі для подальшого їх використання при розрахунках.

Оператор системи розподілу (ОСР):

- відповідає за якість і надійність електропостачання;
- експлуатує і ремонтує лінії електропередачі, підстанції та інші енергооб'єкти;
- підключає споживачів до системи розподілу (або відключає їх від неї);
- встановлює лічильники електричної енергії і фіксує їх показання.

Складовими Нового ринку електричної енергії є:

- балансуючий ринок;
- ринок допоміжних послуг;
- ринок «на добу вперед»;
- внутрішньо добовий ринок;
- двосторонній договір.

Більше детально зв'язки в Новій Моделі Ринку можна побачити на рис. 1.4.

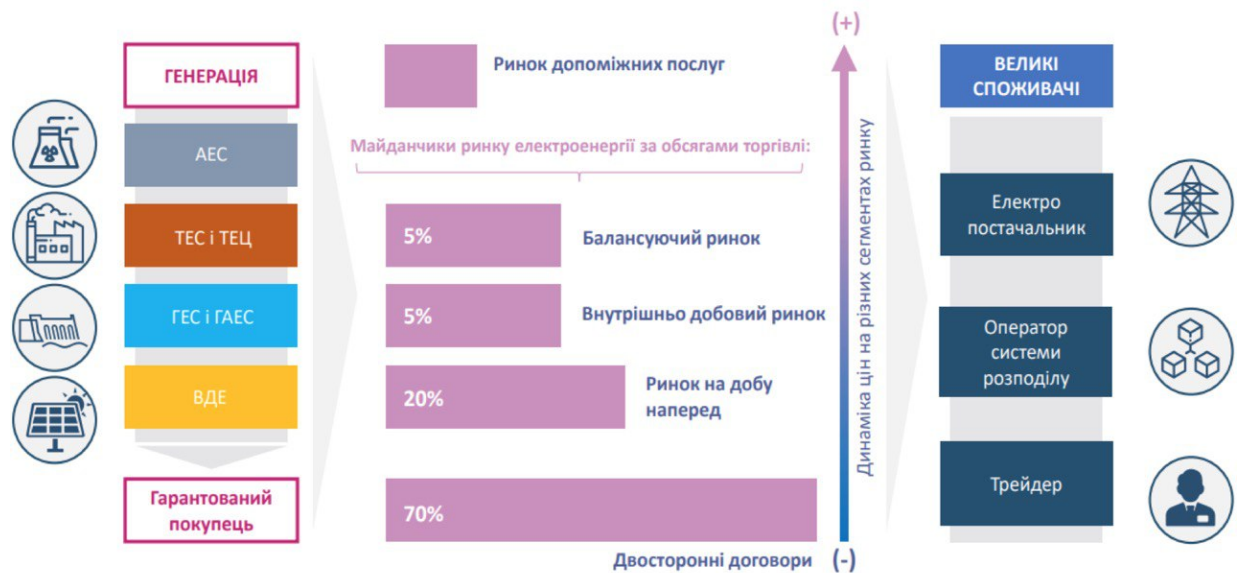


Рисунок 1.4. Нова модель ринку електричної енергії

Основні функції, які забезпечує Новий ринок електричної енергії [5]:

Балансуючий ринок – забезпечення балансу в реальному часі обсягів виробництва / імпорту і споживання / експорту, врегулювання системних обмежень в ОЕС України, а також фінансове врегулювання небалансів електричної енергії.

Ринок допоміжних послуг – придбання операторами послуг у суб'єктів надання додаткових послуг для передачі та розподілу електричної енергії.

Ринок «на добу вперед» – покупка і продаж електричної енергії на наступні за днем проведення торгів добу.

Внутрішньо добовий ринок – покупка і продаж електричної енергії після завершення торгів на ринку "на добу вперед" і на протязі доби фізичної поставки електричної енергії.

Двосторонні договори – покупка і продаж електричної енергії між двома учасниками ринку поза організованих сегментів ринку, крім договору про постачання електричної споживачеві.

В «двосторонніх договорах» вартість електричної енергії має бути мінімальною, в той час як обсяги – найбільш прогнозованими. В рамках «балансуючого ринку» електрична енергія має бути найбільш високою. Це обумовлено тим, що електроенергія являє собою товар, що фактично вже

перебуває у використанні і стоїть задача формалізувати його покупку у «маневрових» потужностей – теплових і гідроелектростанцій [6].

1.3. Формування ціни на електроенергію

З моменту запровадження в Україні відкритого ринку електроенергії, оплата за електроенергію напряду формується під впливом від багатьох факторів – до них належать такі як ресурси для виробництва, споживання та типу транспортування.

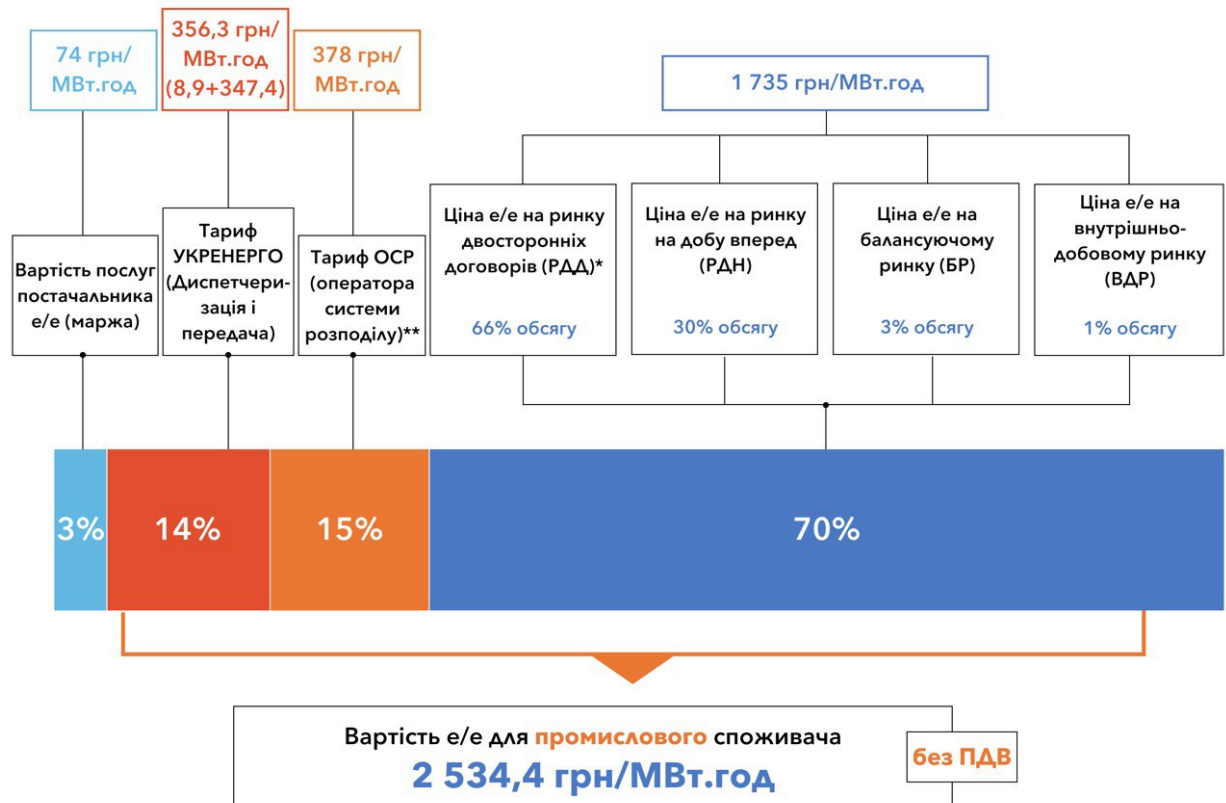
До 1 липня 2019 року була прийнята та працювала на території України модель старого зразка, суть якої полягала в том, що всі генеруючі компанії продавали електричну енергію, яку виробили до єдиного Державного підприємства «Оператор ринку», при чому ціни на такий продаж були встановлені самою державою за формулою «витрати+» [7].

Проте, починаючи з 1 липня 2019 року в Україні набула чинності нова модель ринку електричної енергії, що означає, що і формування цін продажів електричної енергії як товару також тепер проводиться за новим алгоритмом. Варто відзначити, ті фізичні особи, які виступають споживачами в рамках нової моделі ринку мають бути законодавчо захищеними державними органами регулювання. НКРЕКП та Уряд розробили спеціальну формулу роботи такого ринку, суть якого полягає в тому, що постачальникам, які не підлягають до включення в систему обленерго, треба постачати електричну енергію населенню за цінами, які були прийняті в країні раніше та не змінювати їх для уникнення дестабілізації становища на ринку (навіть якщо такі ціни можуть бути нижчими за їх собівартість).

Такі системи погодинно фіксують реальні обсяги споживаної електричної енергії конкретного споживача та щоденно відправляють дані до операторів системи.

До того ж, на кінцеву ціну електричної енергії для будь якого споживача юридичної особи, мають вплив регульовані державою тарифи, які наведені далі:

- тариф за транспортування електроенергії (встановлюється єдиним для території країни та спрямовується на плату за використання магістральних мереж, що є у власності Укренерго);
- тариф на розподіл електроенергії (для обслуговування регіональних мереж передачі електроенергії) встановлюється та регулюється державою.



* - ціна е/е на РДД залежатиме від виробника/трейдера, з яким буде укладено договір. У даному прикладі використано результати торгів на Українській біржі по ПАТ "Центренерго".

** - середній тариф для I і II класу напруги.

Рисунок 1.5. Формування ціни на електроенергію в Україні для промисловості

Аналогічно до ринку природного газу, нинішня ціна для кінцевого споживача розщепився на три основних складових: безпосередньо вартість електричної енергії, ціна за виконання транспортування електроенергії з використанням магістральних мереж та певна оплата за розподіл такої.

Тепер алгоритм розподілу складових тарифу такий: перша частина ціни надходить до трейдера, що виконує безпосередню покупку електричної енергії на різних видах ринку, в залежності від сформованих рівнів споживання. Для виробництва електроенергії таким може бути саме базовий ринок «на добу наперед», «внутрішньо добовий», балансуючий або в форматі «гарантований покупець» [3].

Друга частина формування ціни – за користування магістральними мережами, надходить до компанії «Укренерго».

Третя частина ціни за розподіл електричної енергії надходить прямо до оператора місцевої мережі. Граничне значення такого тарифу стверджується НКРЕКУ.

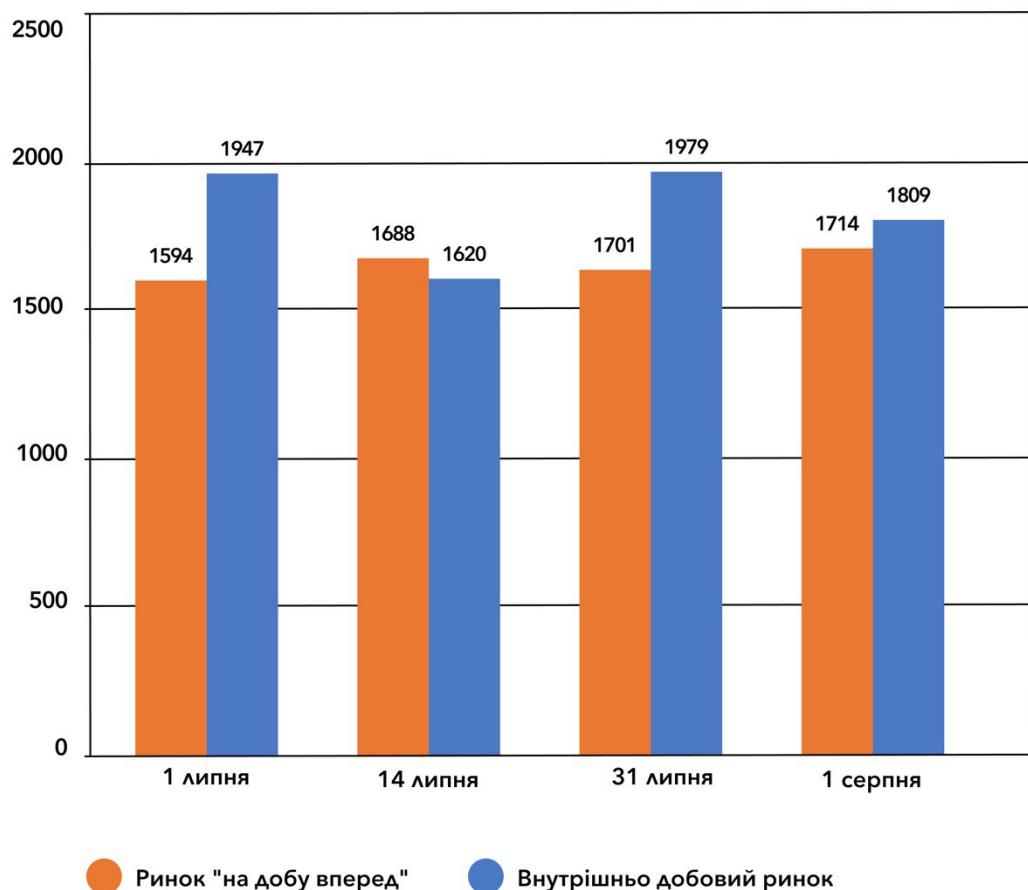


Рисунок 1.6. Динаміка середньозваженої ціни електричної енергії на ринку «на добу вперед»

Відносно середньозваженої ціни на електроенергію, за якою відбуваються торги на ринку «на добу вперед», така ціна змінювалась в період з липня до половини серпня в невеликому діапазоні значень, що сягає 1594-1714 грн / МВт-год.

Ринок «на добу вперед» сьогодні розглядається як базовий з точки зору формування тарифів і продажу основних лотів електричної енергії. Невикуплені обсяги надходять на інший сегмент ринку – внутрішньо добовий. Його цінові параметри закономірно відрізнялися від ринку «на добу вперед» в бік незначного подорожчання: середнє значення такого коливання лежить в межах від 1947 до 1809 гривень за МВт-год.

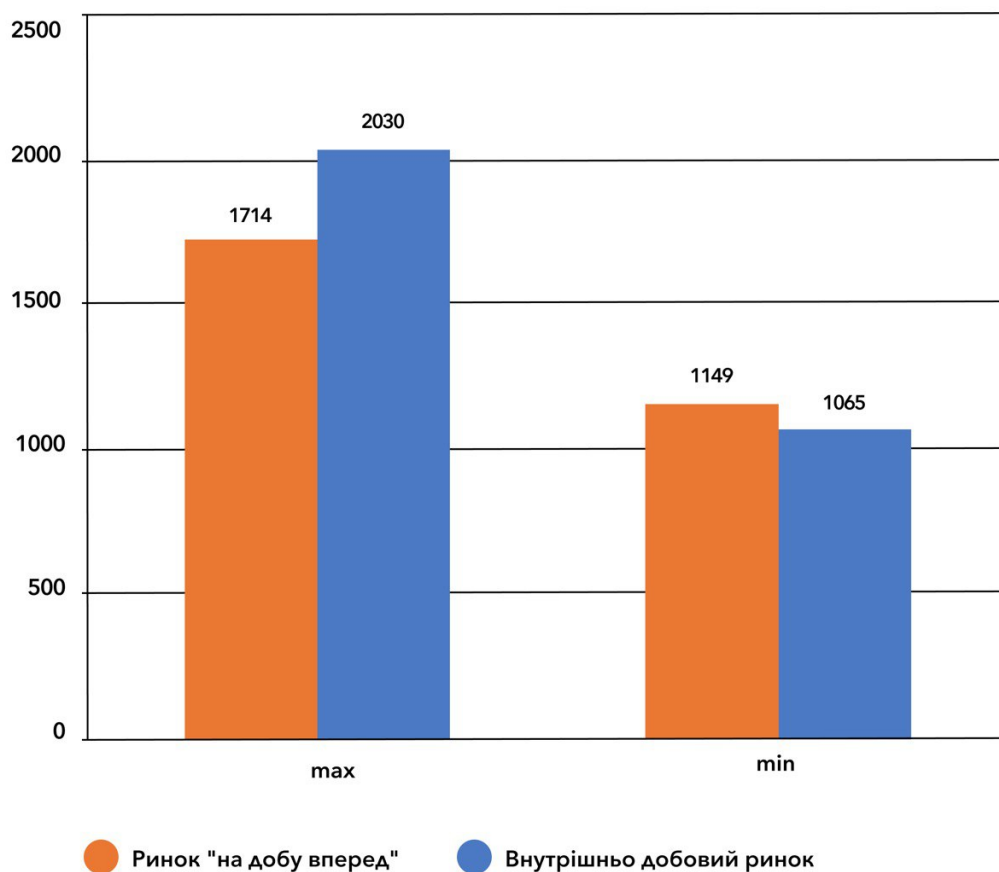


Рисунок 1.7. Цінові екстремуми на ринці електричної енергії України

Крім варійованих по широкій шкалі значень величин тарифів на ринку, треба також розглянути та зробити аналіз так званих ринкових екстремумів. До прикладу, ринок «на добу вперед» мав найвище значення ціни електроенергії

в розмірі 1714 грн / МВт-година і мінімальні 1149 грн / МВт-год. На внутрішньо добовому ринку була дещо відмінна, але приблизно така ж амплітуда коливань тарифів: максимальне значення – 2030 грн / МВт-година і мінімум – 1065 грн / МВт-год.

Після запуску ринку електричної енергії ціновий механізм почне працювати по маржинальному принципу, який говорить про те, що останній продавець з максимально високою ціною на товар задає певний ціновий тренд, що сприймається рештою гравцями ринку [4].

На ринку електричної енергії на перехідний проміжок часу, що схоже на приклад з ринком природного газу, планується використати новий принцип PSO (Public Service Obligation), проте варто зазначити, що якщо у випадку з газом ці зобов'язання виконує «Нафтогаз», то у випадку з ринком електричної енергії – державні генерації в вигляді «Укргідроенерго» та «Енергоатому».

Механізми PSO широко використовуються на території країн Європи та деяких інших країнах високого рівня розвитку економічних відносин, і являє собою певні зобов'язання, які накладаються на виробників або реалізаторів продукції та товарів, які є важливими для широкого кола людей.



Рисунок 1.8. Механізм покладання спеціальних обов'язків (PSO)

PSO дозволить компенсувати частину вартості електричної енергії для населення за рахунок прибутку інших учасників ринку. До прикладу таких компаній, можуть бути не тільки ті, що займаються економічною діяльністю, але і комунальні або ж поштові та навіть банківські.

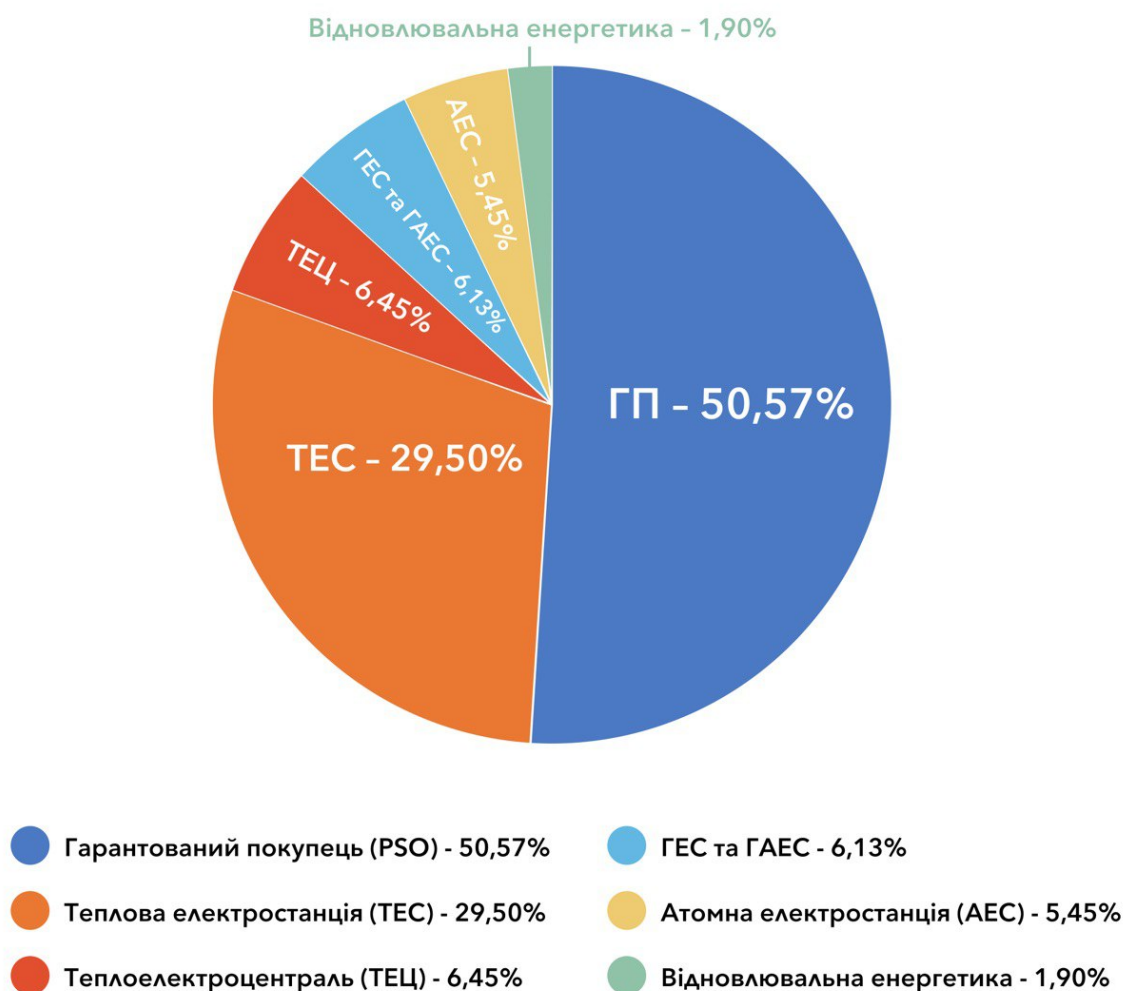


Рисунок 1.9. Структура генерації з врахуванням механізму ПСО

Як видно, з урахуванням механізму PSO, впровадженого урядом, найбільшим ресурсом в сегменті вільного ціноутворення, має теплова генерація.

Отже, враховуючи складність ринку електричної енергії України, який функціонує за новою моделлю, його можна вважати складною організаційно-технічною системою.

1.4. Класифікація методів прогнозування

Методи прогнозування – це набір певних підходів та способів передбачення певних даних, що забезпечують механізми передбачення на основі аналізу даних про експериментальні дані рівня якості функціонування об'єкту за минулі проміжки часу про досліджуваний об'єкт вивести судження певної достовірності щодо майбутнього розвитку об'єкта.

Один з найбільш важливих ознак методів прогнозування – ступінь формалізації, яка досить повно охоплює прогностичні методи. За рівнем точності формалізації методи прогнозування для економічних задач, поділяють на інтуїтивні і формалізовані [9].

Формалізовані методи прогнозування використовують математичний опис виявлених закономірностей у розвитку об'єкта для отримання прогнозу.

Інтуїтивні методи прогнозування доцільно використовувати для тих випадків, якщо важко або не є можливим проведення операції врахування впливу більшості з чинників та факторів через значну високий рівень складності такого об'єкта. В цьому випадку використовуються оцінки експертів. На сьогоднішній день вони часто застосовуються в маркетингу, економіці, політиці, так як система, поведінка якої необхідно спрогнозувати, або дуже складна і не піддається математичному опису, або дуже проста і тому такого опису не потребує.

Інтуїтивні і формалізовані методи схожі за своїм складом з експертними і фактографічними методами. Фактографічні методи засновані на фактично наявних даних про об'єкт, над яким проводиться операція прогнозування і його минулі чисельні показники динаміки поведінку, базуються на інформації, отриманої за оцінками фахівців-експертів.

За оцінками вітчизняних і зарубіжних вчених, в даний час налічується більше ста методів прогнозування, однак на практиці регулярно використовуються кілька десятків базових методів, які групуються в такий спосіб [9].

До експертних (інтуїтивних) методів відносяться:

- індивідуальні експертні оцінки;
- колективні експертні оцінки.

До фактографічних (формалізованих) методів відносяться:

- методи прогновної екстраполяції (статистичні);
- системно-структурні методи і моделі;
- асоціативні методи;
- методи випереджаючої інформації;
- математичні методи і моделі.

Різниця між методом прогнозування і моделлю:

- метод представляє собою певну послідовність дій, що необхідно виконати для того, щоб отримати модель;
- модель прогнозування є функціональне уявлення, адекватно описує досліджуваний процес і є основою для отримання його майбутніх значень.

Формалізовані методи поділяються на дві групи: моделі предметної області і моделі часових рядів як показано на рис. 1.10.

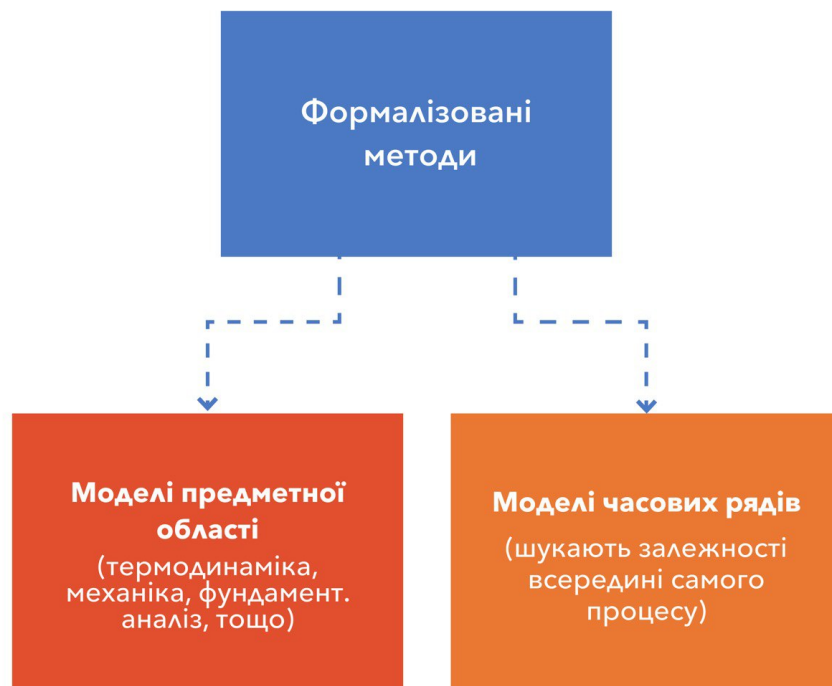


Рисунок 1.10. Класифікація формалізованих методів

Моделі предметної області – такі математичні моделі прогнозування, для побудови яких використовують закони предметної області. Наприклад, модель, на якій роблять прогноз погоди, містить рівняння динаміки рідин і термодинаміки. Прогноз розвитку популяції робиться на моделі, побудованій на диференціальному рівнянні. Прогноз рівня цукру крові людини, хворої на діабет, робиться на підставі системи диференціальних рівнянь. В таких моделях використовуються залежно, властиві конкретній предметній області. Такого роду моделям властивий індивідуальний підхід в розробці.

Моделі часових рядів – математичні моделі прогнозування, які прагнуть знайти залежність майбутнього значення від минулого всередині самого процесу і на цій залежності обчислити прогноз. Ці моделі універсальні для різних предметних областей, тобто їх загальний вигляд не змінюється в залежності від природи часового ряду. Ми можемо використовувати нейронні мережі для прогнозування температури повітря, а після аналогічну модель на нейронних мережах застосувати для прогнозу біржових індексів. Це узагальнені моделі, як окріп, в які якщо кинути продукт, то він звариться незалежно від його природи [10].

Моделі часових рядів можна розділити на дві групи: статистичні та структурні як показано на рис. 1.11.



Рисунок 1.11. Класифікація моделей часових рядів

У практиці прогнозування економічних процесів переважають статистичні моделі, у яких залежність майбутнього значення від минулого задається в вигляді деякого рівняння. До них відносяться:

- метод ковзних середніх;
- метод експоненціального згладжування;
- метод екстраполяції трендів;
- регресивні моделі (лінійна регресія, нелінійна регресія);
- авторегресійні моделі (ARIMAX, GARCH, ARDLN);
- ймовірнісне моделювання;
- модель за вибіркою максимального подібності.

У структурних моделях залежність майбутнього значення від минулого задається у вигляді певної структури і правил переходу по ній. До них відносяться:

- нейромережеві моделі;
- моделі на базі ланцюгів Маркова;
- моделі на базі класифікаційно-регресійних дерев.

На сьогоднішній день моделей прогнозування часових рядів є вже величезна кількість і для побудови прогнозів, наприклад, стали використовувати SVM (support vector machine) моделі, GA (genetic algorithm) моделі та багато інших.

Особливе місце в класифікації методів прогнозування займають комбіновані методи, які об'єднують різні методи прогнозування. Використання комбінованих методів особливо актуально для складних соціально-економічних систем, коли при розробці прогнозу показників кожного елемента системи можуть бути використані різні поєднання методів прогнозування. Різновидом комбінованих методів можна вважати економетричні моделювання.

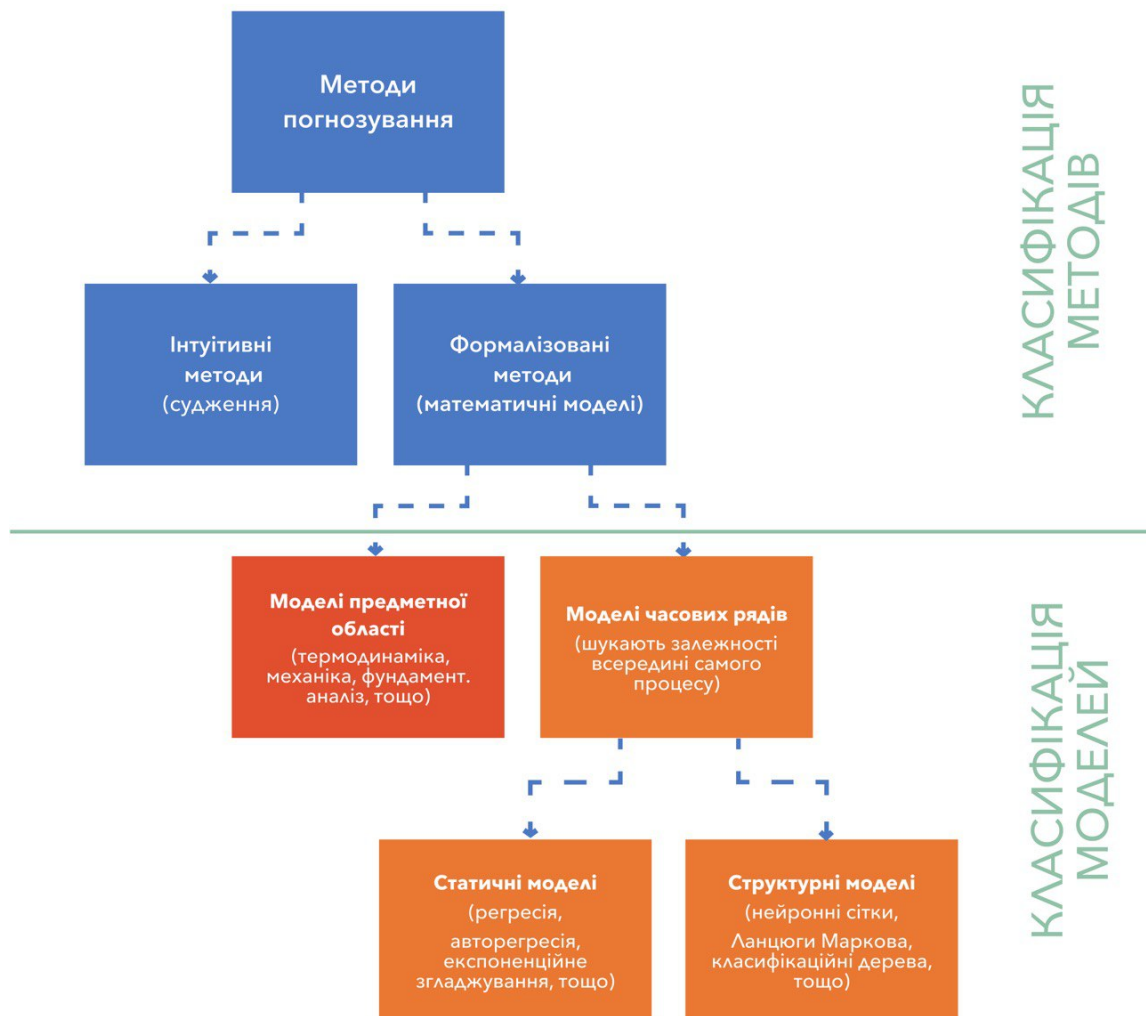


Рисунок 1.12. Класифікація моделей і методів прогнозування

1.5. Аналіз вимог

Враховуючи результати аналізу об'єкту дослідження, визначення методів та підходів до реалізації задач прогнозування станів суб'єктів ОТС, робимо висновок, що програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи повинен відповідати наступним вимогам:

- враховувати нестационарність поведінки суб'єктів ОТС;
- мати можливість описувати поведінку суб'єкту з можливим дефіцитом даних про його поведінку;
- забезпечувати високий рівень ефективності опрацювання системою прогнозування;

- показувати високий рівень точності оцінювання стану суб'єкту складної ОТС.

1.6. Постановка задач дослідження

Отже, проаналізувавши об'єкт дослідження, його структуру та складові, якими є суб'єкти ринку електричної енергії, а також маючи поставлені вимоги до програмного комплексу, що розробляється, виділимо наступні задачі, які необхідні для реалізації мети:

- розробити підхід до опису поведінки суб'єктів ОТС;
- провести аналіз та вибір моделі представлення динаміки часових рядів, які описують поведінку стану суб'єкту ОТС;
- формалізувати опис динаміки поведінки суб'єкту ОТС для подальшого використання в програмному комплексі аналізу та оцінки;
- спроектувати та розробити програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів ОТС для подальшого використання результатів роботи такого комплексу в вирішенні задач прогнозування.

Висновки до розділу

В рамках даного розділу проаналізовано ринок електричної енергії як об'єкт дослідження даної дисертаційної роботи, розглянуто його складові та характер поведінки його суб'єктів. Поставлена задача опису та аналізу поведінки стану суб'єктів складної ОТС та вироблено вимоги до розробки програмного комплексу рішення. Поставлені задачі щодо розробки такої системи.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ СТАНУ СУБ'ЄКТІВ ОТС ЧЕРЕЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ЇХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

2.1. Аналіз показників та специфікація вимог до моделі

Прийнявши ринок, електричної енергії як складну організаційно-технічну систему, враховуючи рівень складності його структури та взаємозв'язків між його складовими, треба розробити підхід до опису його поведінки, а також поведінки його суб'єктів.

Для опису динаміки поведінки деякого об'єкта може бути застосований один з наступних підходів:

- проведення аналізу структури об'єкта, поведінки його складових та її аналіз. Такий підхід застосовується здебільшого для технічних систем, для яких можна провести такий аналіз, відносно точно установивши принципи та закономірності функціонування його складових;
- що стосується організаційно-технічних систем, якою є ринок електричної енергії, що є більш складних як по структурі так і по взаємозв'язків між їх суб'єктами, знайти формалізовані, які можна було б описати математично – достатньо складно. Тому, адекватним способом формалізації динаміки поведінки такого об'єкта є аналіз по експериментальним даним його поведінки за певний проміжок часу.

Тому, з огляду на вище зазначені підходи, очевидно, що для вирішення поставлених в даній дисертаційній роботі завдань, доцільно використовувати другий підхід.

Тому, для того щоб забезпечити високу якість пошуку найбільш адекватної моделі опису поведінки складної організаційно-технічної системи, необхідно провести аналіз часових рядів, що відображають динаміку поведінки суб'єктів ОТС.

Отже, для якісного використання часових рядів в якості способу формалізації поведінки суб'єкту ОТС, треба провести аналіз та класифікувати часові ряди.

2.2. Класифікація часових рядів

Часовий ряд — це ряд точок даних, що були проіндексовані (або перелічені, або зображені графічно) в порядку часу їх формування. Найбільш часто часовий ряд вважається послідовністю певних числових значень, що вказані одна за одною та являють собою упорядкований набір даних [11].

В загальному часовому ряду як правило є два елементи: час t і конкретне значення самого члену ряду.

Часові ряди з динамікою прийнято представляти в якості таблиці або графічного відображення.

Часові ряди поділяються на:

- моментні та інтервальні;
- комплексні та ізольовані;
- повні та неповні;
- ряди абсолютних, відносних та середніх показників.

Одноякісність рівнів часового ряду означає, що в межах усього досліджуваного проміжок часу, до якого відносяться рівні, необхідно провести згрупування.

Зробивши виділення певних однорідних груп часового ряду, можна використати і провести аналіз рівнів даного часового ряду. Така властивість може бути сформульованою як вимога до забезпечення високого рівня порівнянності по структурі сукупності, для чого зазвичай застосовується стандартна, нормативна структура [12].

З метою найточнішого представлення показників, що описують тенденцію, необхідно відійти від властивостей коливання даного часового ряду і розглянути даний ряд в формі «чистого» тренду при відсутності коливань.

Варто виділити також наступні властивості часового ряду, які є важливими для подальшого проведення вибору моделі прогнозування: наявність довготривалої пам'яті, наявність короткотривалої пам'яті, або ж її відсутність.

Таблиця 2.1

Ідентифікаційні властивості часового ряду

Клас часового ряду	Ідентифікаційні властивості	Методи прогнозування
Наявність довготривалої пам'яті	<ul style="list-style-type: none"> - не піддається нормальному закону розподілу; - нестационарність; - дисперсія лежить в межах (1;1,4). 	LSTM нейронні мережі
Відсутність пам'яті	<ul style="list-style-type: none"> - піддається нормальному закону розподілу; - стаціонарність; - дисперсія лежить в межах [1,4;1,6). 	Фактографічні методи
Наявність короткотривалої пам'яті	<ul style="list-style-type: none"> - не піддається нормальному закону розподілу; - нестационарність; - дисперсія лежить в межах [1,6;2). 	Експертні методи

В наведеній вище таблиці видно критерії вибору методу прогнозування в залежності від властивостей ряду.

Такі властивості визначаються, використовуючи наступні чисельні показники:

- дисперсії (або ж міри розсіювання значень відносно математичного очікування):

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 ; \quad (2.1)$$

- математичне очікування, яке обчислюється за формулою:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (2.2)$$

- середнє квадратичне відхилення, яке обчислюється за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n}{n-1} \cdot D} ; \quad (2.3)$$

- коефіцієнт варіації (або ж міра згладженості розподілу), що обчислюється за наступною формулою:

$$V = \frac{\sigma}{M} ; \quad (2.4)$$

- коефіцієнт асиметрії (або ж міра симетричності відносно математичного очікування), що обчислюється за наступною формулою:

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - M)^3}{\sigma^3} ; \quad (2.5)$$

- коефіцієнт ексцесу розподілу, що обчислюється за наступною формулою:

$$E = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - M)^4}{\sigma^4} . \quad (2.6)$$

Властивість часового ряду про піддавання нормальному закону розподілу визначається таким чином, що якщо відносна різниця коефіцієнтів варіації V , асиметрії A , ексцесу E відхиляється між такими величинами, обчисленими на базі реальних значень, та значень змодельованого ряду, є співрозмірною, тоді такий часовий ряд піддається нормальному закону розподілу, в інших випадках – не піддається.

Стаціонарним називають такий ряд, у якого значення дисперсію не перевищує рівень 5% [12].

Абсолютна зміна рівнів – називають різницею між порівнюваним рівнем і рівнем попереднього проміжок часу, який приймаємо за базу порівняння. Формули зміни рівня наведено далі:

$$\Delta_{\text{ц}} = y_n - y_{n-1}; \quad (2.7)$$

$$\Delta_0 = y_n - y_0. \quad (2.8)$$

У випадку якщо абсолютна зміна є від'ємною, її прийнято називати абсолютним скороченням.

Прискорення – це різниця між абсолютним зміною за цей проміжок часу і абсолютним зміною за попередній проміжок часу рівної тривалості:

$$\Delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1}. \quad (2.9)$$

Характеристика показників абсолютного прискорення використовується лише варіанті, в якому використовуються ланцюги, проте не використовується в базисному. Від'ємна величина рівня характеристики прискорення несе певну логіку, яка говорить про зменшення рівня росту або про зміну прискорення деяких рівнів такого часового ряду [13].

Прискорення ряду є сталою величиною, що характеризує тенденцію часового ряду, так говорить про параболічну форму тенденції такого ряду. Формула рівняння:

$$y_i = y_0 + at_i + bt_i^2, \quad (2.10)$$

де y_0 – рівень ряду в початковий (нульовий) проміжок часу; a – абсолютний приріст, його середнє значення; b – прискорення ряду; t_i – індекси проміжків часу.

Наведемо приклад зв'язків абсолютних і відносних чисельних значень відношень ряду:

- темп зростання коефіцієнтів в проміжок часу з номером n :

$$k_n = \frac{y_n}{y_{n-1}}; \quad (2.11)$$

- базисний темп зростання за весь проміжок часу між базою (0) і поточним роком (n):

$$k_{n/0} = \frac{y_n}{y_0}, \quad (2.12)$$

Якщо порівнюваний рівень висловити через рівень базисного (або попереднього) проміжок часу і абсолютна зміна, отримаємо:

$$k_n = \frac{y_{n-1} + \Delta}{y_{n-1}} = 1 + \frac{\Delta}{y_{n-1}}, \text{ або } 100\% \frac{\Delta 100}{y_{n-1}}. \quad (2.13)$$

В даному випадку, варто відзначити, що варто розглядати лише абсолютні показники поведінки часового ряду.

Для порівняння, наведемо формули співвідношень між ланцюговими і базисними показниками часових рядів:

- сума ланцюгових абсолютних змін дорівнює базисному абсолютному зміні:

$$\sum a_{i(\text{цен})} = a_{i(\text{баз})}; \quad (2.14)$$

- твір ланцюгових темпів зміни одно базисному темпу зміни:

$$\prod_i k_{i(\text{цен})} = k_{i(\text{баз})}. \quad (2.15)$$

Варто відзначити, що рівнями ряду є не тільки абсолютні значення – сукупності або обсяги їх характеристик. Ряди можуть також показувати рівень розвитку деякої структури набору даних, в яких зміна з плином часу різних варіантів чисельних показників ряду, а також взаємозв'язку між такими характеристиками відповідають співвідношенням чисельних значень таких характеристик. В таких випадках варто відзначити, що рівні динамічного ряду самі є відносними значеннями, які прийнято виражати в процентах [14].

Середній рівень інтервального ряду визначається за наступною формулою:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{(i)}^n y_i}{n}, \quad (2.16)$$

або як зважена арифметична середня в ряді рівнів, що побудовані на основі неоднакових проміжків часу.

Зазвичай у ряді є середній рівень, який полягає в тому, що він характеризує середнє або ж узагальнене значення стану суб'єкту, що досліджується та виражає різницю між початковим і кінцевим часовими

проміжок часу дослідження. Звідси маємо, що рівні, що є показниками початкового і кінцевого проміжок часу дослідження, відрізняються від тих, що є всередині досліджуваного проміжок часу. Тому, можемо отримати певну форму середньої арифметичної величини:

$$y_{\text{хрон}} = \left(\frac{y_1}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} y_i + \frac{y_n}{2} \right) : (n - 1). \quad (2.17)$$

Якщо відомі точні дати зміни рівнів часового ряду, то середній рівень визначається як

$$\bar{y} = \frac{\sum_i y_i t_i}{\sum t_i}, \quad (2.18)$$

де t_i – період часу збереження певного рівня.

Середній абсолютний приріст – це ще одна змінна, яка є простою арифметичною середньою рівняння зі змін за рівні проміжок часу досліджуваного часу:

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta_i}{n} = \frac{y_n - y_0}{n}. \quad (2.19)$$

Середній темп зміни визначається найточніше можна виразити наступною формулою 2.14:

$$\bar{k} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n k_i} = \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_0}}. \quad (2.20)$$

У випадку, коли вихідною інформацією є темпи приросту за досліджуваний час певних значень членів ряду, а задачею є обчислення їх середньої величини, то часовий ряд, який описує динаміку поведінки стану суб'єкту складної організаційно-технічної системи, можна формалізувати як:

$$x(t) = c_p(t) + \sum_{i=1}^p w_i(t), \quad (2.21)$$

де $c_p(t)$ – апроксимація на рівні p , $w_i(t)$ – коефіцієнти деталізацій на рівнях i .

В кінцевому результаті, опис поведінки цілої ОТС можна представити у вигляді суперпозиції станів його суб'єктів.

2.3. Реалізація моделі опису стану суб'єктів

Враховуючи особливості об'єкту дослідження в рамках даної дисертаційної роботи, для опису поведінки його суб'єктів доцільно використовувати динамічні ряди з трендом.

Поняття «тренд» зазвичай характеризує певну тенденцію до поступової зміни показника, описуваного динамічним рядом. Існує ряд способів, в тому числі математичних, для обчислення тренда.

При аналізі динамічних рядів використовується також термін сезонності, що описує певний проміжок часу для коливання даного ряду, і поняття випадкового відхилення. Випадкове відхилення, або випадкова компонента, фіксує одномоментні зміни динамічного ряду під впливом будь-яких випадкових факторів або причин, які спочатку нам не відомі. Для усунення випадкових відхилень здійснюється вирівнювання динамічного ряду [15].

Зазвичай при введенні динамічного ряду його зображують в наступному форматі. Допустимо, що є деякий динамічний ряд і $\{Y_t\}$ – його спрощений запис. Модель динамічного ряду представлена у вигляді його послідовних значень в моменти часу t де t змінюється від 1 до n :

$$Y(t) = Y(t_1), Y(t_2), \dots, Y(t_n) = \{Y(t_i)\}, i = \overline{1, n}. \quad (2.22)$$

Можна записати кілька специфічних моделей динамічного ряду, наприклад:

- модель тренду:

$$Y(t) = U(t) + E(t), \quad (2.23)$$

де $U(t)$ – часовий тренд заданого параметричного виду, $E(t)$ – випадкова компонента;

- модель сезонності:

$$Y(t) = V(t) + E(t), \quad (2.24)$$

де $V(t)$ – проміжок часуична (сезонна) складова;

- модель тренду і сезонності:

$$Y(t) = U(t) + E(t) \text{ – адаптивна форма,}$$

$$Y(t) = U(t) V(t) + E(t) \text{ – мультипликативна форма.}$$

У загальному випадку кожен член динамічного ряду $\{Y_t\}$ який існує в інтервалі $[1, t]$, може бути представлений в адитивній формі, що містить кілька складових:

$$Y_t = U_t + V_t + E_t + Z_t + \eta_t, \quad (2.25)$$

де U_t – тренд динамічного ряду, компонента, що характеризує загальну тенденцію; V_t – сезонна компонента, або внутрішньорокові коливання, а в загальному випадку – циклічна складова; E_t – випадкова компонента, що утворюється під впливом різних (як правило, невідомих); Z_t – компонента, що забезпечує порівнюваність елементів динамічного ряду; η_t – керуюча складова, за допомогою якої можна впливати на елементи часового ряду з метою формування певного прогнозу.

Отож, для цілого опису поведінки складної ОТС, якою є ринок електричної енергії, необхідно з-поміж його суб'єктів виділити вище зазначені складові і скласти їх за принципом суперпозиції. З урахуванням обмеженості доступу до певних даних про суб'єкти ринку, пропонується розглянути дві складові та формалізувати їх поведінку через часові ряди: динаміку зміни температури повітря, яка впливає на виробництво такої, та динаміку ціни на газ для підприємств, яка також робить вагомий внесок в формування стану ОТС.

Як зазначено в розділі 1, Новий ринок електричної енергії України набув чинності з липня 2019-го року, тому ми будемо розглядати місяці липень, серпень та вересень в якості проміжок часу, за який беремо експериментальні дані для опису поведінки суб'єктів.

На рис. 2.1 та 2.2 зображені графіки, які показують динаміку зміни середньозваженої ціна на газ за липень та серпень окремо. Примітно, що математично графіки відрізняються, що ще раз підтверджує нестационарність поведінки суб'єктів ОТС.

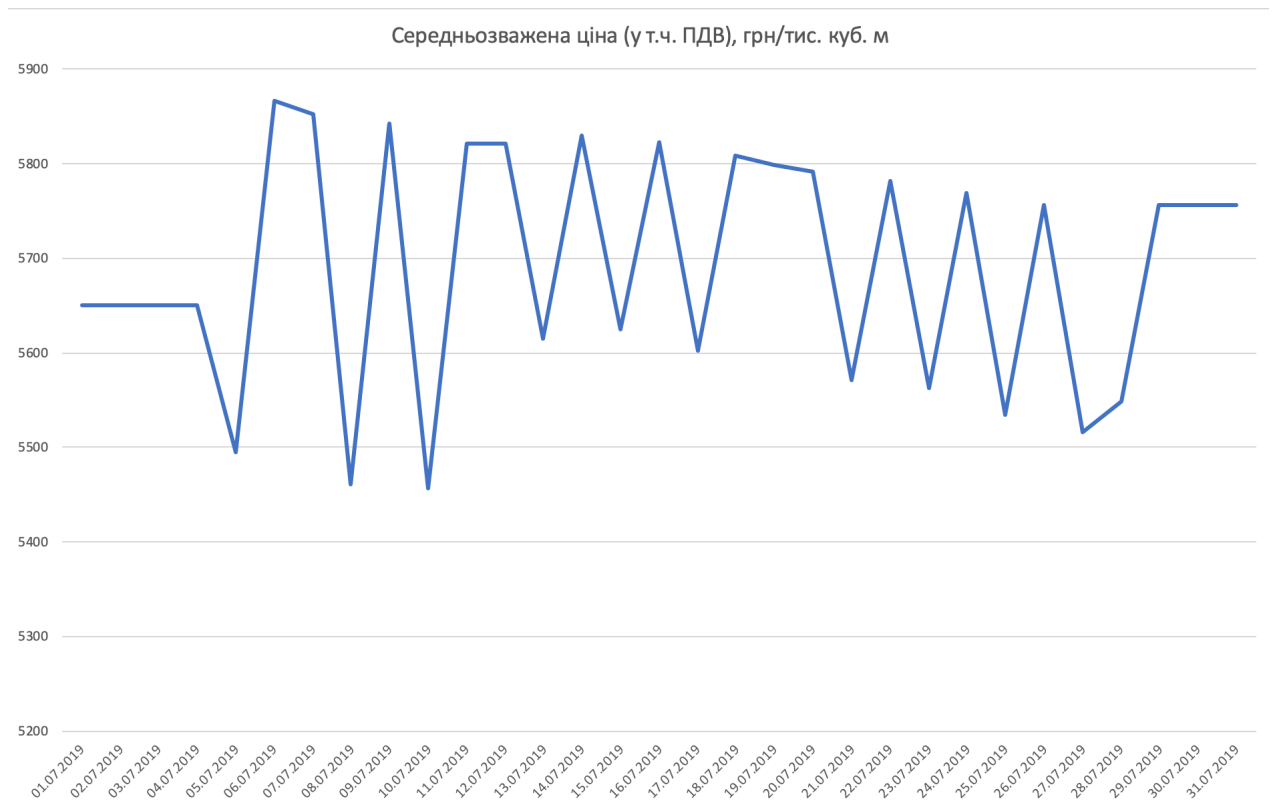


Рисунок 2.1. Середньозважена ціна на газ за липень 2019 року за даними Української енергетичної біржі

На даному графіку видно, що динаміка поведінки середньозваженої ціни на ринку електричної енергії протягом липня 2019 року мала досить нестійкий характер, що обумовлено впливом різного роду зовнішніх чинників та факторів, що безпосередньо або опосередковано впливали на суб'єкти ринку, а отже і на кінцеву ціну.

З урахуванням обмеженості доступу до певних даних про суб'єкти ринку, розглядаємо саме дві складові та описуємо їх поведінку через часові ряди.

Також розглянемо середньозважену ціну на газ для демонстрації поведінки іншого суб'єкта ОТС.

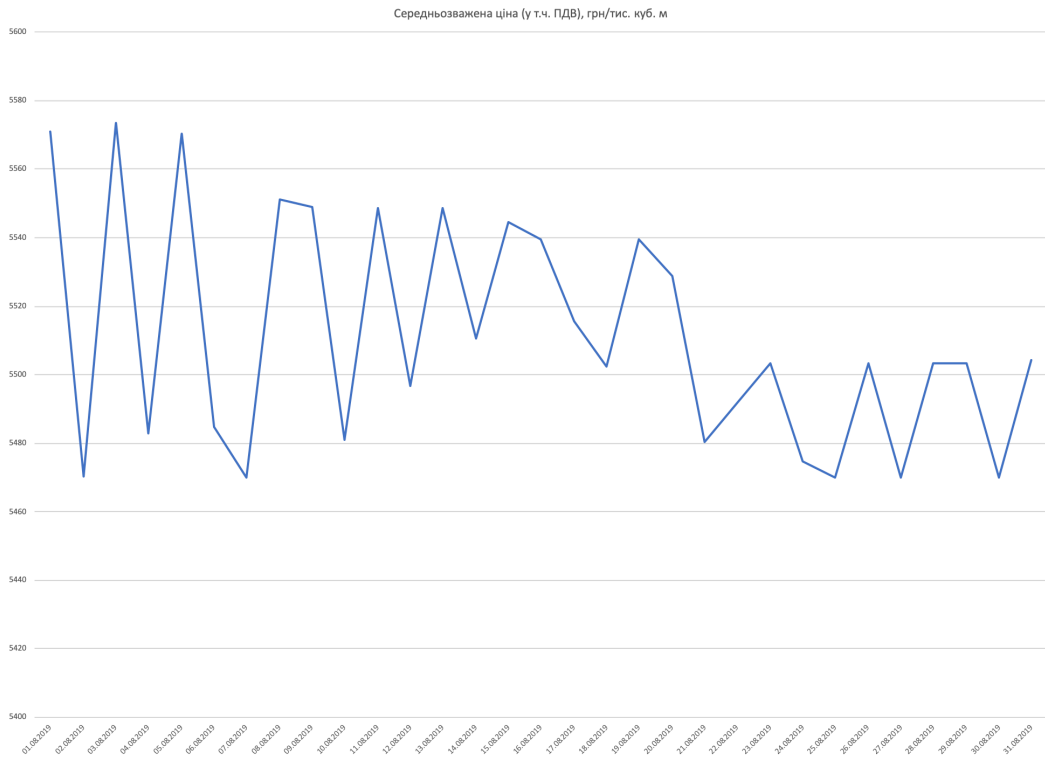


Рисунок 2.2. Середньозважена ціна на газ за серпень 2019 року за даними Української енергетичної біржі

На рис. 2.3 зображена динаміка ціни на газ за липень-серпень 2019 року, тобто за проміжок часу, який досліджується в рамках даної дисертаційної роботи.

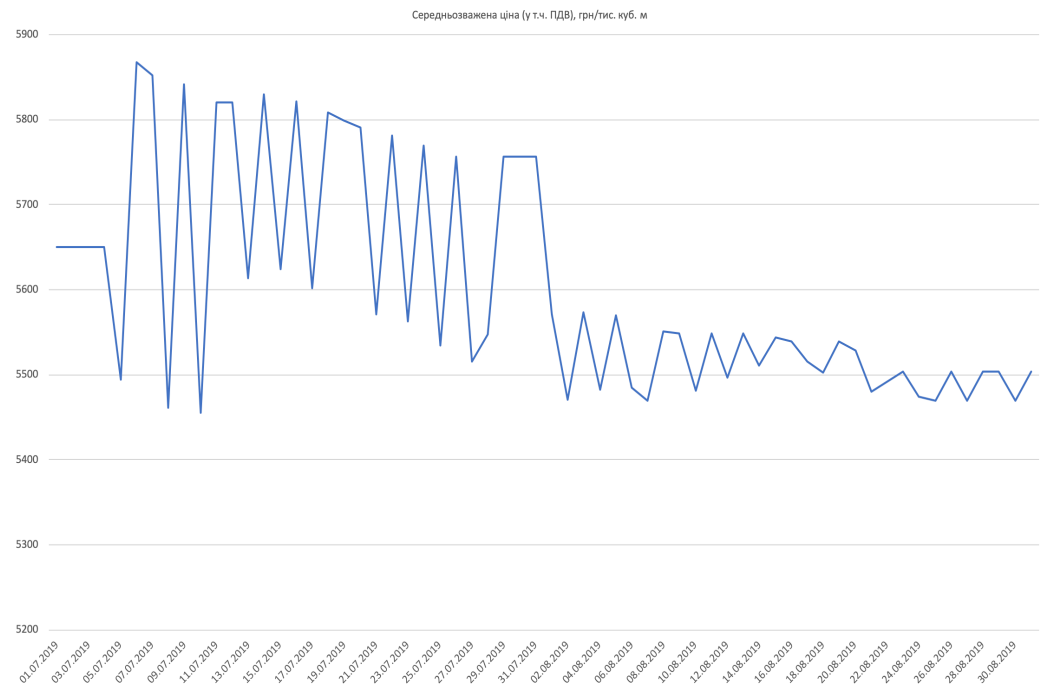


Рисунок 2.3. Середньозважена ціна на газ за липень-серпень 2019 року за даними Української енергетичної біржі

Отже, формалізуємо у вигляді часового ряду поведінку даного суб'єкту. Для цього використаємо авторегресійну модель, яка здатна привести загальну формулу до вигляду динамічного часового з відомими коефіцієнтами:

$$y_{\text{розр}}(t_i) = a_0 + \sum a_j y_{\text{розр}}(t_{i-j}). \quad (2.26)$$

Для вибору порядку авторегресійної моделі, використовувалась середньоквадратична похибки. Задовільний її рівень для малого обсягу даних, як і в даному випадку, приймається за 5%. Такий результат для поведінки ціни на газ показала авторегресійна модель 9-го порядку. Отже, в результаті авторегресійна модель 9-го порядку матиме такі перші 9 коефіцієнтів, як наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Коефіцієнти регресійної моделі ряду ціни на газ за липень-серпень 2019 року

Коефіцієнт	Значення	Похибка
0	5650	-
1-3	0	-
4	-0,027431858	57,39%
5	0,067723262	49,22%
6	-0,002542972	31,35%
7	-0,066854857	13,84%
8	0,069749386	5,53%
9	-0,066057502	2,17%

Побудувавши графік, що наближується до графіку ряду, отримаємо такий, як показано на рис. 2.4.

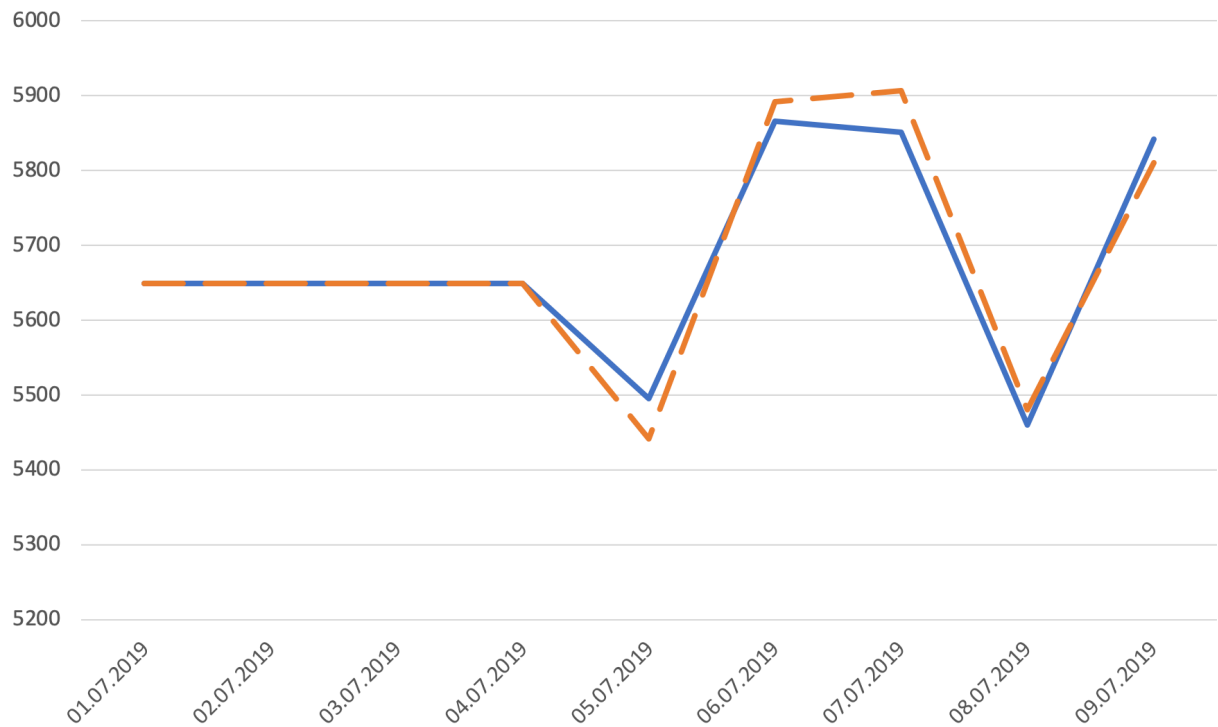


Рисунок 2.4. Порівняння поведінки динаміки ціни на газ

Тут помаранчевим кольором показано ряд авторегресійної моделі 9-го порядку, який вийшов в результаті розкладу ряду поведінки ціни на газ для підприємств, що впливає на функціонування виробників, які є суб'єктами ОТС. Синім кольором показано реальну динаміку ціни на газ.

Для оцінки якості роботи даної моделі 9-го було обчислено MSE (середньоквадратичну помилку), що обчислюється за наступною формулою:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Actual_{price(i)} - Forecast_{price(i)})^2. \quad (2.27)$$

В даному випадку, для ціни на газ вона склала 2.17%, що є досить високим показником.

Для підтвердження ефективності розкладу в такі ряди розглянемо ще поведінку температури повітря. На рис. 2.5 та 2.6 показані графіки поведінки середньодобової температури повітря за липень та серпень 2019 року. Видно, що температура повітря також є нестационарним фактором впливу на суб'єкти генерації електричної енергії.

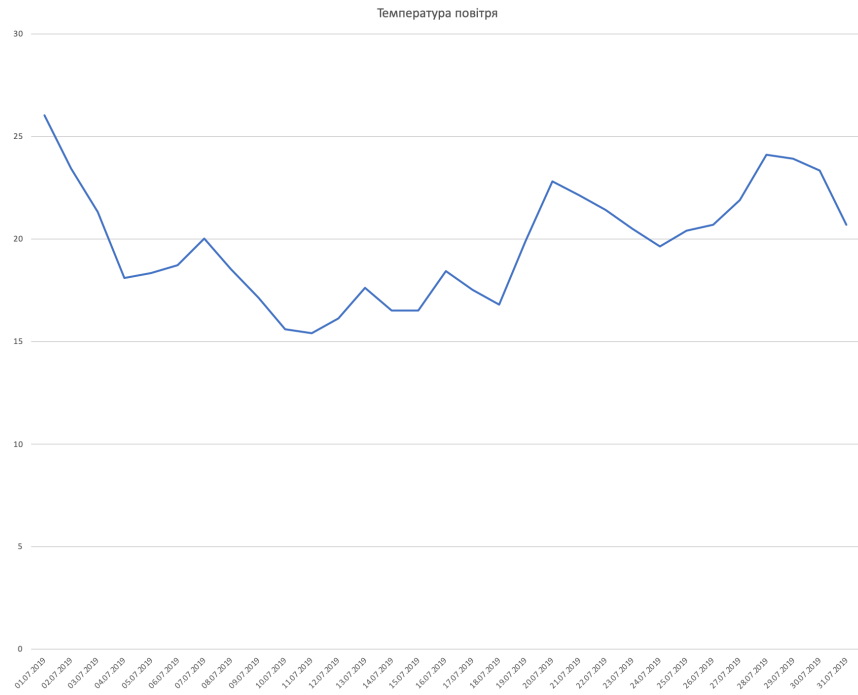


Рисунок 2.5. Температура повітря за липень 2019 року

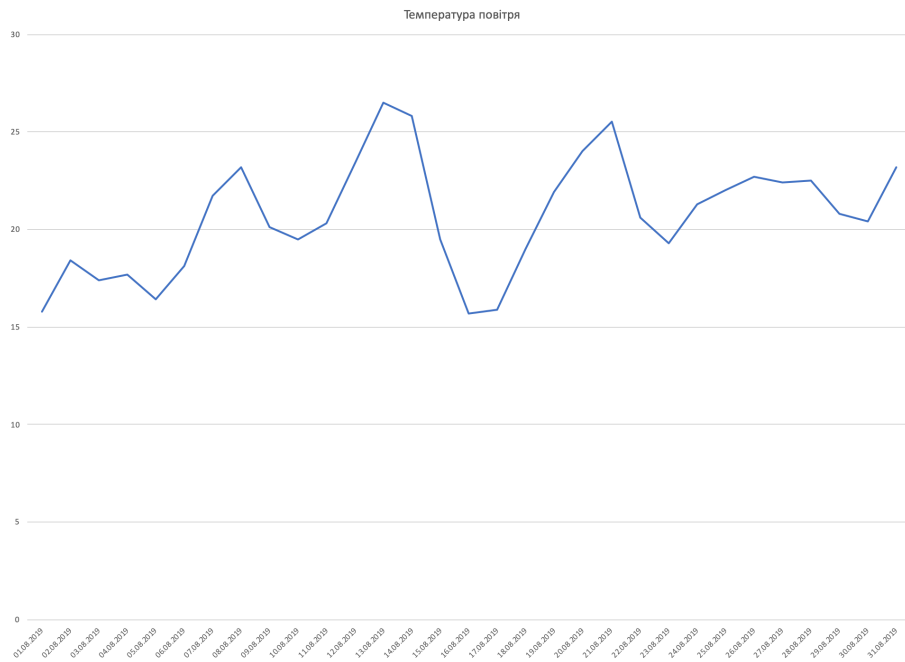


Рисунок 2.6. Температура повітря за серпень 2019 року

На рис. 2.7 зображена динаміка середньодобової температури повітря за липень-серпень 2019 року, тобто за проміжок часу часу, який досліджується в рамках даної дисертаційної роботи.

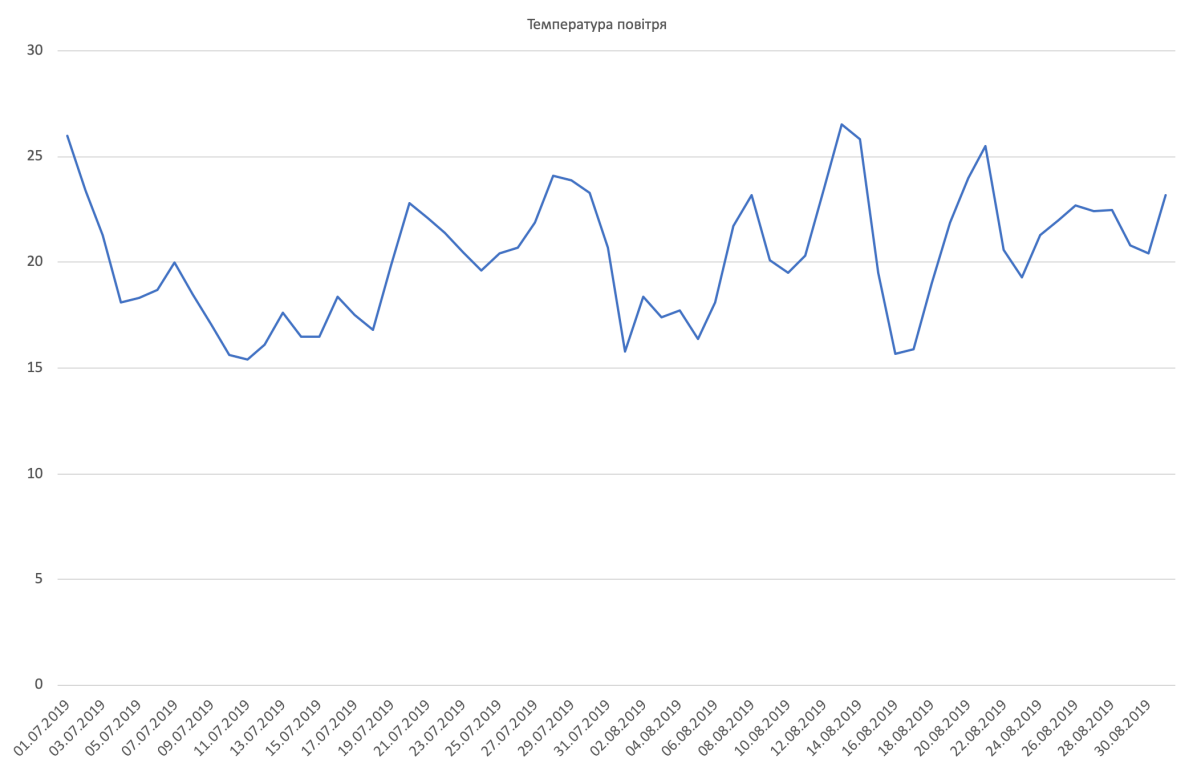


Рисунок 2.7. Температура повітря за липень-серпень 2019 року

Для отримання задовільного рівня похибки опису в 5%, достатньо 7 рівнів моделі. Побудуємо авторегресійну модель 7-го порядку поведінки температури повітря в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Коефіцієнти регресійної моделі ряду середньодобової температури повітря за липень-серпень 2019 року

Коефіцієнт	Значення	Похибка
0	26	25,91%
1	-0,1	23,03%
2	-0,08974359	22,29%
3	-0,150234742	20,73%
4	0,011049724	18,12%
5	0,021857923	17,54%
6	0,069518717	8,51%
7	-0,075	4,49%

Побудувавши графік, що наближується до графіку ряду, отримаємо такий, як показано на рис. 2.8.

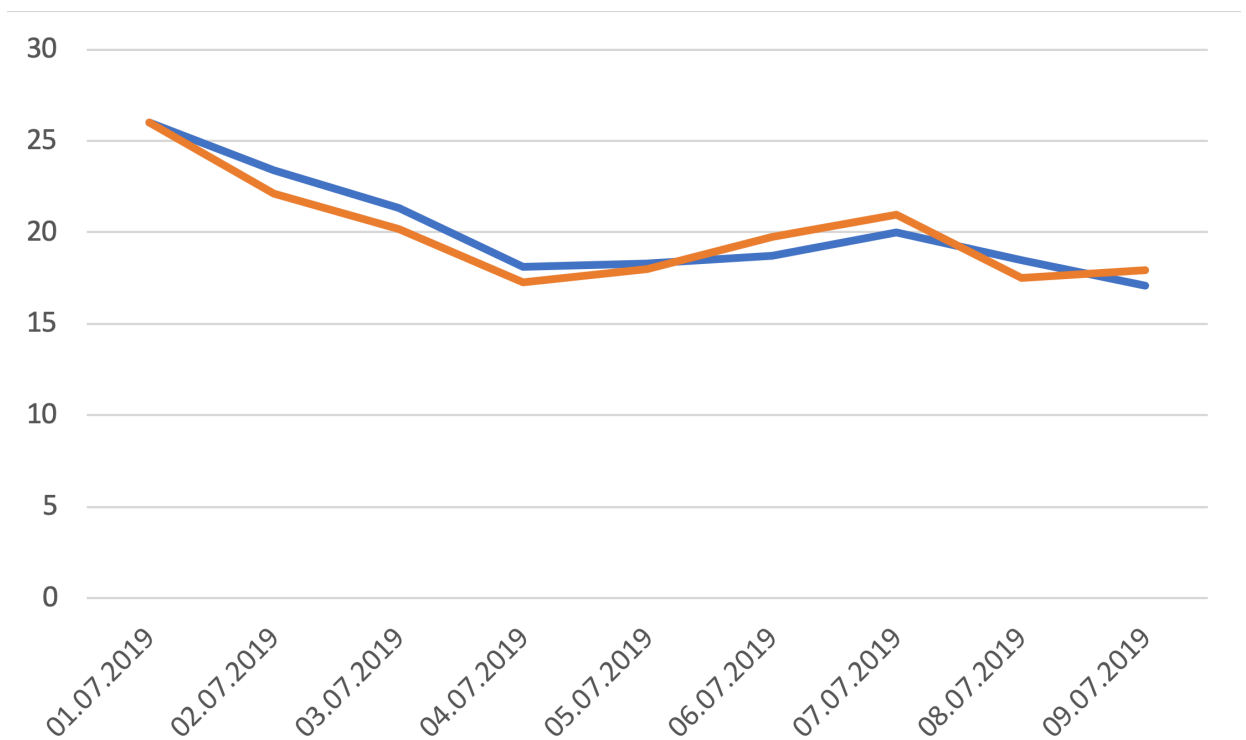


Рисунок 2.8. Порівняння поведінки динаміки температури повітря

Тут помаранчевим кольором показано ряд авторегресійної моделі 7-го порядку, який вийшов в результаті розкладу ряду поведінки температури повітря, що впливає на функціонування виробників, які є суб'єктами ОТС. Синім кольором показано реальну динаміку температури повітря.

В даному випадку, середньоквадратична помилка склала 4.49%, що є також досить гарним показником.

Як видно з вище наведених результатів, даний підхід до опису динаміки стану суб'єктів ОТС є досить точним та ефективним.

В результаті, динаміку поведінки складної ОТС можна представити у вигляді суперпозиції таких складових, та формалізувати як показано в формулі 2.27. На базі отриманої моделі часового ряду можна провести його оцінювання, класифікувавши утворений ряд, використовуючи властивості, що описані формулами 2.1-2.6. Підрахувавши дані показники на основі вхідних даних, отримаємо результати, наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Результати підрахунків

Статистичні показники	Значення змодельованого ряду	Значення реального ряду
V	0,24	0,21
A	-0,102	-0,23
E	4,27	4,11
D	1,39	1,12

Використовуючи вище наведені підрахунки, виконаємо класифікацію даного часового ряду за властивостями, наведеними в табл. 2.1. Маємо такі значення зміни:

$$\Delta V = \frac{(0,24-0,21)}{0,24} = 12,5\%, \Delta A = \frac{-0,102-(-0,23)}{-0,102} = 125,4\%, \Delta E = \frac{4,27-4,11}{4,27} = 3\%$$

Таким чином, відповідно до ідентифікаційних властивостей ряду, наведених в табл. 2.1, даний ряд має довготривалу пам'ять.

Відповідно до результатів, доцільно застосовувати наступну модель прогнозування: LSTM-мережу.

Висновки до розділу

В даному розділі виділено вимоги до формалізованої моделі опису стану суб'єкту складної ОТС, розглянуто види часових рядів, проведено та вибір підходу до формалізації динаміки стану суб'єкту ОТС та проведено математичний опис поведінки кількох суб'єктів ОТС. Проведено дослідження на відповідність обраного підходу на основі реальних даних та доведено ефективність та високу точність обраного підходу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ АНАЛІЗУ СТАНУ СУБ'ЄКТІВ

3.1. Вибір інструментальних засобів реалізації

3.1.1. Мова програмування Java

Java – це мова програмування загального призначення, заснована на класах, об'єктно-орієнтована і спроектована та розроблена таким чином, що має доволі малу кількість залежностей від реалізації. Дана мова програмування призначена для того, щоб розробники додатків розробляли програмне забезпечення один раз, а запускатись мали змогу на будь-якому девайсі (WORA), тобто компільований код Java може працювати на всіх платформах, які підтримують Java без необхідності перекомпіляції. Програми Java зазвичай компілюються в байт-код, який може працювати на будь-якій віртуальній машині Java (JVM) незалежно від основної архітектури комп'ютера.

Оскільки програмний комплекс аналізу та оцінку стану суб'єктів ОТС має бути здатним до інтеграції в цілісну екосистему програмно-технічних засобів ринку, дана мова програмування дуже добре підходить для реалізації такого завдання.

3.1.2. База даних Oracle SQL

Oracle SQL – це набір операторів, за допомогою яких усі програми та користувачі отримують доступ до даних у базі даних Oracle. Прикладні програми та засоби Oracle часто дозволяють користувачам отримувати доступ до бази даних без прямого використання SQL, але ці додатки, у свою чергу, мають виконувати наступні функції та використовувати SQL під час виконання запиту користувача. Даний вид бази даних є гарно структурованим, що виконує вимогу ресурсу даних для даного програмного комплексу.

3.2. Опис реалізації

3.2.1. Функціональна структура модулів програмного комплексу

Для розробки програмного комплексу аналізу та оцінку стану суб'єктів складної ОТС обрано багатомодульну архітектуру, враховуючи вимогу до комплексу ефективно та з високою продуктивністю обробляти дані, а також бути масштабованим в разі необхідності та легко інтегрованим в середовища технічного та програмного забезпечення ринку електричної енергії.

Таким чином, розроблено три модулі:

- **LOADER** (виконує функціонал ефективного завантаження вхідних даних до програмного комплексу, використовуючи доступні ресурси та проводить приведення цих даних до вигляду, необхідного для системи для подальшого їх опрацювання);
- **HANDLER** (виконує функціонал обробки вхідних даних та безпосереднього їх аналізу з метою подальшої передачі до пакету програмного коду, що виконує безпосередньо логіку опису поведінку суб'єкту через підходи, що описані в розділі 2);
- **COMPOSER** (даний модуль виконує логіку обробки результатів математичного опису суб'єкту та приводить їх до уніфікованого стандартизованого вигляду для подальшої можливої їх передачі до системи, в яку може бути інтегрований даних комплекс).

Структурну схему модулів системи діагностики наведено на рисунку 3.1.

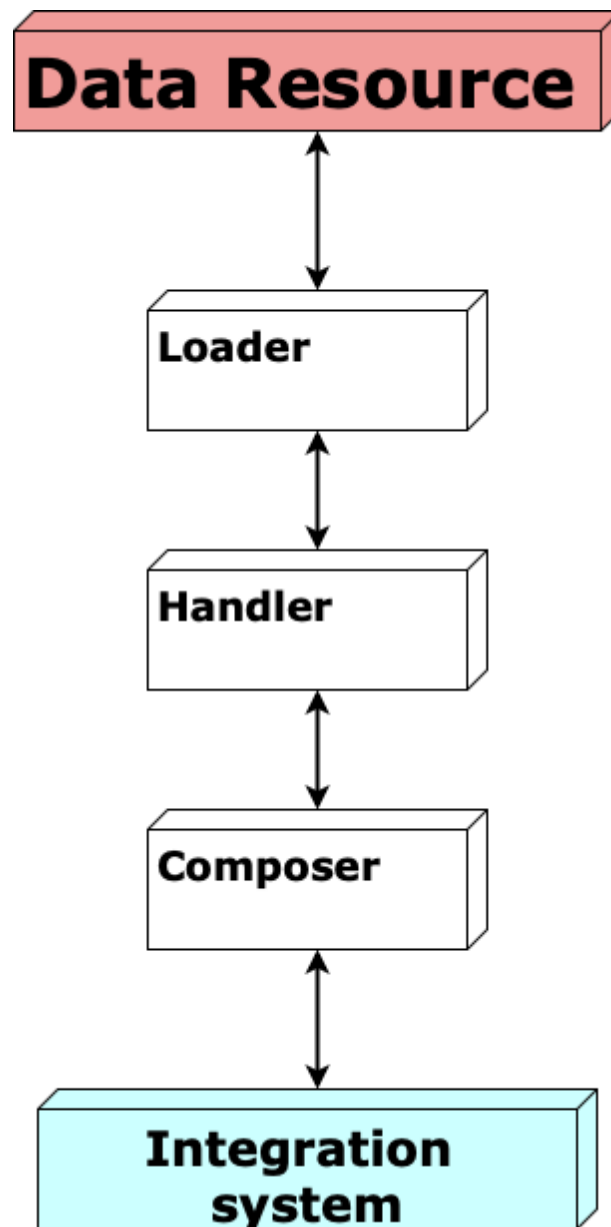


Рисунок 3.1. Структура модулів програмного комплексу

3.2.2. Модуль завантаження та обробки вхідних даних

Цей модуль є відповідальним за операції динамічного завантаження та обробки вхідних даних до програмного комплексу засобами ORM-інтерфейсу Hibernate та має на меті підготувати вхідні дані до наступного етапу роботи з ними. Для цього він виконує операції приведення вхідних даних до певного уніфікованого вигляду. В рамках модулю завантаження LOADER дані поступають в пам'ять програми через інтерфейс `DataLoadRepository`, методи якого описані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Функціональна структура інтерфейсу DataLoadRepository

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
establishConnection()	Connection	Оголошення методу, що виконує операції встановлення з'єднання з ресурсом даних та повертає такий у вигляді об'єкту класу Connection
loadData()	List<DataRecord>	Метод, відповідальний за низькорівневе завантаження даних з ресурсу даних в пам'ять програмного комплексу та запис таких в список об'єктів класу DataRecord

Даний інтерфейс має бути реалізованим через імплементацію його методів функціоналом виконання операцій. Для цього розроблено клас DataLoadRepositoryImpl, структуру якого наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Функціональна структура класу DataLoadRepositoryImpl

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
establishConnection()	Connection	Безпосередньо імплементує логіку роботи методу, яка використовується нативними засобами пакету ORM Hibernate

Завершення табл. 3.2

loadData()	List<DataRecord>	Виконує операцію завантаження даних з ресурсу до пам'яті програмного комплексу
------------	------------------	--

Додатково, в даному класі оголошені та визначені змінні, що відповідають за роботу з даними, що завантажуються. Перелік та опис таких змінних наведено в табл.3.3.

Таблиця 3.3

Перелік змінних класу DataLoadRepositoryImpl

Змінна	Тип даних	Опис
CONNECTION_ID	int	Ідентифікатор, який використовується бібліотечними засобами для ідентифікації з'єднання за ресурсом даних
incomingRecords	List<DataRecord>	Являє собою змінну в пам'яті роботи програми, що містить в собі масив завантажених даних для подальшої їх обробки

Метод loadData() класу DataLoadRepositoryImpl реалізовує функціонал завантаження даних та використовує об'єкти класу DataRecord для зберігання їх в такому вигляді, з якого легко та ефективно можна проводити операції приведення даних до стану, необхідного для подальшої їх обробки іншими модулями та складовими програмного комплексу. Функціональну структуру класу DataRecord наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Функціональна структура класу DataRecord

Змінна	Тип даних	Опис
id	String	Ідентифікатор, що є унікальним для кожного запису даних, завантажених в програму
data	Map<String, String>	Мапа, що містить в собі всі необхідні дані по певному запису даних. Зберігає в текстовому вигляді

В рамках даного абстрактного класу є абстрактний метод `analyze()`, який не є реалізованим в рамках даного класу, а лише забезпечує обов'язкову реалізацію його підкласами. Має відповідати за логіку опрацювання даних після завантаження таких з ресурсу даних.

Підкласами до класу `DataRecord` є класи `TemperatureRecord` та `GasPriceRecord`. Функціональну структуру класу `TemperatureRecord` наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Функціональна структура класу TemperatureRecord

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
<code>getDataPerDate()</code>	Double	Забезпечує доступ до даних про записи температури за конкретну дату
<code>getAverageData()</code>	Double	Забезпечує доступ до середніх показників даних про записи температури за конкретну дату

Завершення табл. 3.5

analyze()	Map<String, Object>	Проводить аналіз отриманих даних та форматує їх з метою подальшої обробки
-----------	---------------------	---

Структура методів класу GasPriceRecord описана в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Структура класу GasPriceRecord

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
calculateAverage()	Double	Метод, що вираховує середнє значення по набору даних для калькуляцій та розрахунків моделі
evaluateData()	Double	Оцінює якість отриманих даних з формулами середньоквадратичної похибки
analyze()	Map<String, Object>	Проводить аналіз отриманих даних та форматує їх з метою подальшої обробки

Як результат роботи методів класу DataRecord та DataLoadRepositoryImpl, відбувається формування об'єкту класу ResultObject, який є уніфікованим форматом для обміну даними всередині програмного комплексу та містить в собі набір даних для подальшої обробки. Функціональна структура класу наведена в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Функціональна структура класу ResultObject

Змінна	Тип даних	Опис
id	int	Унікальний ідентифікатор результуючого об'єкту
repositoryId	int	Ідентифікатор ресурсу даних, що використовувався для отримання відомостей про суб'єкт
resultedMap	Map<ID, DataRecord>	Результуюча мапа об'єктів, що отримана після обробки даних модулем

Отже, в результаті отримаємо сформований об'єкт класу ResultObject, який містить вхідні дані, завантажені за одну ітерацію роботи програмного комплексу, та приведені до уніфікованого вигляду. Це є дуже важливим етапом обробки вхідних даних, адже розмірність величин кожного з суб'єктів є різною, а відповідно і тип даних має бути різним. В нашому випадку, використано уніфікований тип даних Object, який може бути легко приведений до будь-якого типу-обгортки.

Наступним кроком є засобами класу DataCaster забезпечення обробленими даними інших модулів програмного комплексу засобами інтерфейсу LOAD_DATA_TRANSFER.

Діаграму зв'язків між класами та передачі даних всередині модулю приведено на рис. 3.2.

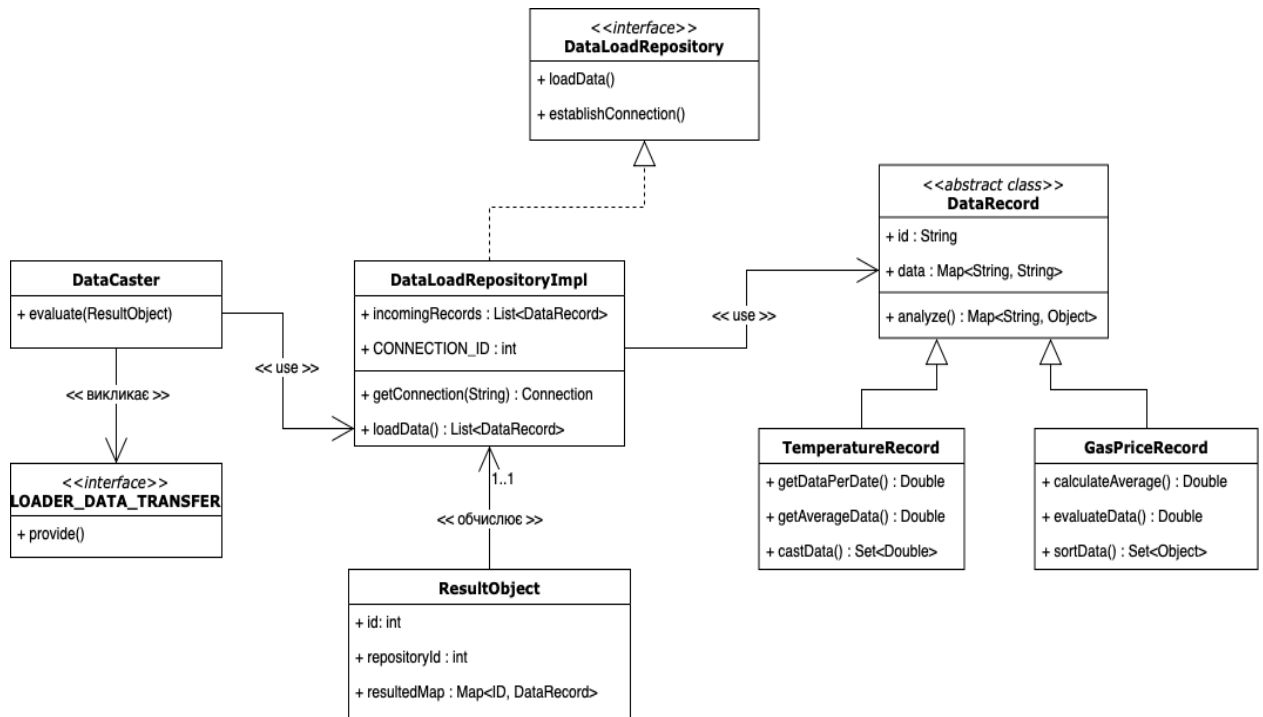


Рисунок 3.2. Структурно-функціональна схема модулю LOADER

3.2.3. Модуль аналізу та опису суб'єкту

Цей модуль програмного комплексу є основною складовою, адже містить в собі головну бізнес-логіку обробки вхідних даних та використовує їх для математичного опису динаміки поведінку стану суб'єктів організаційно-технічної системи. Для цього, засобами модулю LOADER вхідні дані поступають до модулю HANDLER, який оперує ними для отримання математичної моделі часового ряду та формує його. Для проведення операцій з часовими рядами та іншими математичними інструментами, даний модуль використовує влаштовані пакети інструментів зі стандартної бібліотеки JDK Java Math.

Головною ідеєю цього модулю є математичний опис поведінки суб'єкта ОТС та забезпечення даними наступного модулю, який підготує дані до інтеграції в систему ринку електричної енергії або будь-яку іншу систему, що обробляє дані щодо суб'єктів ОТС.

Важливо сказати, що даний модуль є гнучким та масштабованим до розширення функціоналу.

Вхідною точкою для роботи з даними даного модулю є інтерфейс `HandlerResouce`, функціональна структура методів якого приведена в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Функціональна структура інтерфейсу `HandlerResouce`

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
<code>consume()</code>	<code>List<ID, DataRecord></code>	Метод, що отримує дані з попереднього модулю в форматі записів <code>DataRecord</code>
<code>verifyConnection()</code>	<code>boolean</code>	Перевіряє стабільність з'єднання та безперервність отримання даних

Методи даного інтерфейсу реалізовані в класі `HandlerResouceImpl`, який імплементує функціонал описаної вище структури. Функціональна структура класу `HandlerResouceImpl` наведена в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Функціональна структура класу `HandlerResouceImpl`

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
<code>consume()</code>	<code>List<ID, DataRecord></code>	Реалізує функціонал отримання даних з попереднього модулю
<code>verifyConnection()</code>	<code>boolean</code>	Реалізує функціонал перевірки з'єднання

При чому, для повноцінного функціонування цього класу як ресурсу, що приймає дані в певному вигляді для їх обробки та проведення операцій аналізу над ними, необхідно оголосити та визначити деякі змінні. Структуру цих змінних приведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Перелік змінних класу HandlerResouceImpl

Змінна	Тип даних	Опис
processors	List<Processor>	Список процесорів, що відповідають кожному запису та завантажуються в пам'ять програми лише на момент обробки цього запису
isExecuted	boolean	Прапорець, що показує чи виконується операція розрахунку в даний момент часу

Метод consume() класу HandlerResouceImpl виконує наступну логіку: через список процесорів, які відповідають кожному запису даних та видаляються з пам'яті роботи програми як тільки виконають все необхідні операції, відбувається обробка даних та моделювання часового ряду через авторегресійну модель. Функціональна структура класу Processor наведена в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Функціональна структура класу Processor

Змінна	Тип даних	Опис
id	int	Унікальний ідентифікатор процесору
dataRecord	DataRecord	Запис даних, над яким проводиться операція
regression	int	Рівень авторегресії, що визначається в рамках методу process() з дотриманням відповідного рівня похибки

В рамках даного класу також імплементовано метод process(), який безпосередньо реалізує функціонал побудови моделі опису динаміки

поведінки суб'єкта ОТС, використовуючи пакетні засоби та інструментарії з пакету JDK Java Math.

Як результат роботи цього методу, формується екземпляр класу ResultedRepresentation, який в собі містить дані про проведений аналіз всіх вхідних даних та сформовану математичну модель. Дана модель готова до передачі до модулю обробки результатів. Структуру класу ResultedRepresentation, якою є перелік змінних, наведено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Перелік змінних класу ResultedRepresentation

Змінна	Тип даних	Опис
id	int	Унікальний ідентифікатор результуючого сету даних
timestamp	long	Час виокненої операції
results	Map<ID, Map<Integer, Double>>	Результуючий маси даних
timeSpent	long	Час, витрачений на калькуляції

Отож, результатом роботи модулю є сформований об'єкт, що містить формалізовану модель опису та аналізу поведінки стану суб'єкту складної ОТС. Вона готова до передачі до модулю обробки та інтеграції результатів засобами класу HandlerResumer та інтерфейсу HANDLER_DATA_TRANSFER, методом provide().

Діаграму зв'язків між класами та передачі даних всередині модулю приведено на рис. 3.3.

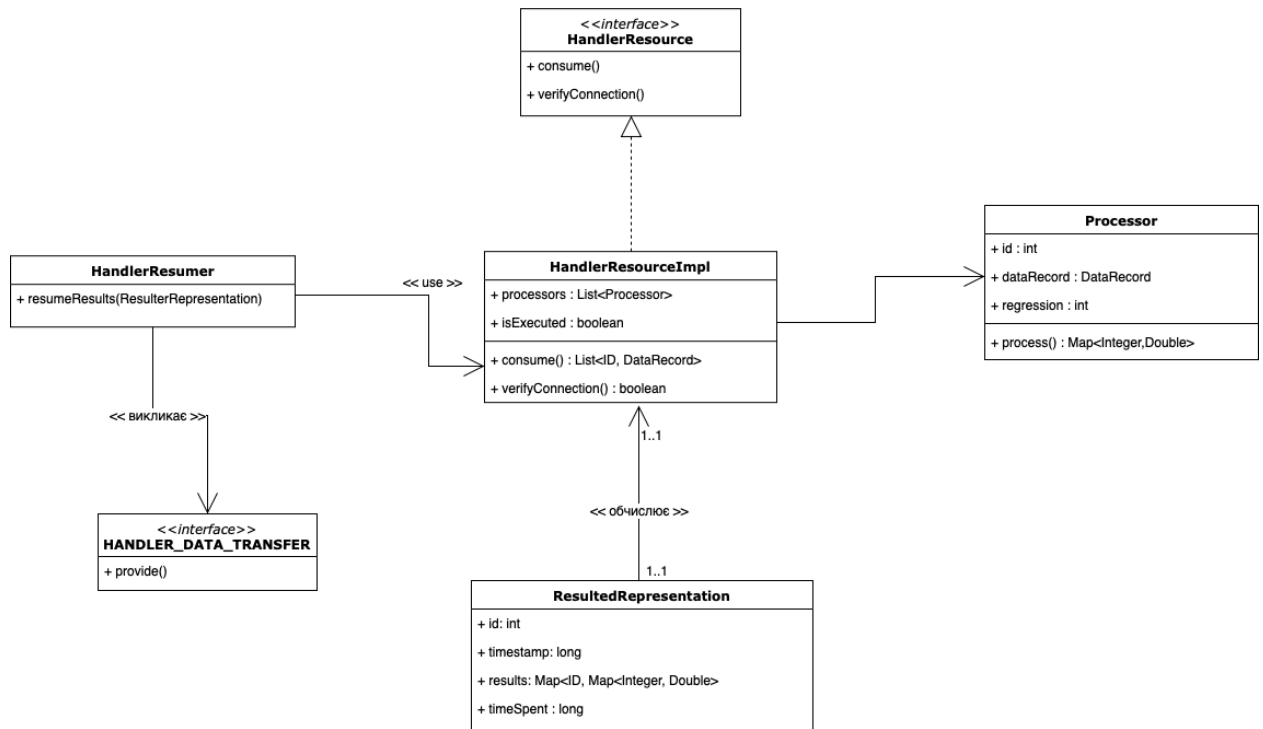


Рисунок 3.3. Структурно-функціональна схема модулю HANDLER

3.2.4. Модуль обробки результатів та інтеграції

Модуль обробки отриманих результатів та інтеграцію програмного комплексу в роботу програмних та технічних засобів OTC COMPOSER відповідає за надання інтерфейсу підключення до програмного комплексу з метою отримання змодельованих процесів в якості інструментів для подальшої роботи з даними.

Для цього модуль COMPOSER надає спеціальні інтерфейси, а також забезпечує приведення результатів роботи програми до уніфікованого та стандартизованого вигляду.

Модуль отримує результати роботи попереднього модулю HANDLER у вигляді списку результатів. Вхідною точкою для отримання таких даних є інтерфейс `ComposerDataConsumer`, який оголошує метод `consumeData()`. Даний метод реалізується в класі `ComposerDataConsumerImpl`, який разом з іншими змінними та методами виконує свої функції. Функціональна структура класу `ComposerDataConsumerImpl` наведена в табл. 3.13

Таблиця 3.13

Функціональна структура інтерфейсу ComposerDataConsumerImpl

Метод	Тип даних, що повертає	Опис
consumeData()	void	Метод, що відповідає за отримання даних з попереднього модулю
provideResult()	JSONObject	Передає результати на вихід програми

Метод provideResult() використовують при роботі екземпляри класу RecordPOJO та його нащадків: GasPriceRecordPOJO та TemperaturePOJO. Набір змінних класу RecordPOJO, які є спільними для його нащадків, приведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Перелік змінних класу RecordPOJO

Змінна	Тип даних	Опис
id	int	Унікальний ідентифікатор об'єкту
mappedTagsValues	Map<String, String>	Спроектвані дані на назви цих даних для передачі їх на вихід програми
dataResourceId	int	Ідентифікатор ресурсу даних

В результаті роботи даного модулю, засобами COMPOSER_DATA_TRANSFER, реалізовано інтерфейс, який може бути інтегрованим до програмно-технічного комплексу функціонування ринку електричної енергії для отримання показників стану суб'єктів складної ОТС для подальшого вирішення фінансово-економічних завдань.

Діаграму зв'язків між класами та передачі даних всередині модулю приведено на рис. 3.4.

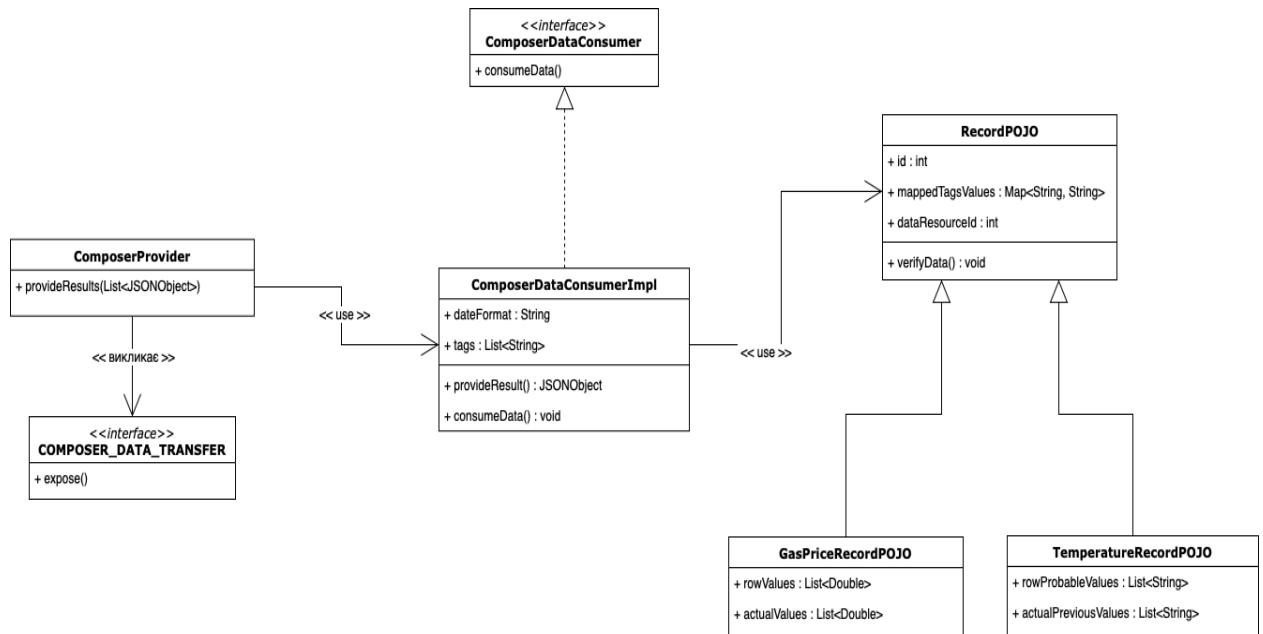


Рисунок 3.4. Структурно-функціональна схема модулю COMPOSER

Висновки до розділу

В цьому розділі описано складові програмного комплексу аналізу та оцінки стану суб'єктів складної ОТС, проведено їх функціональний аналіз з точки зору компонентів програмного забезпечення, а також наведено та описано функціональну структуру модулів системи, що розробляється в рамках даної дисертаційної роботи.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1. Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає у створенні програмного забезпечення для опису поведінки суб'єктів складної організаційно-технічної системи в якості ринку електроенергії та її оцінки й аналізу. Призначення системи – обробка вхідної інформації, її аналіз в програмно-технічному середовищі. А саме:

- обробка вхідних даних;
- опис моделі поведінки суб'єктів;
- аналітичний блок створення часового ряду;
- вивід результатів.

Таблиця 4.1

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Програмний комплекс опису поведінки суб'єктів ОТС на базі роботи ринку електричної енергії та її аналіз	Управління бізнес-процесами на програмно-технічному середовищі	Максимальне спрощення та автоматизація процесу опису поведінки суб'єкту та її аналіз
	Надання функціоналу аналізу поведінки суб'єктів ОТС	Можливість отримувати рекомендації щодо вибору методу прогнозування поведінки ОТС

На ринку існують аналоги подібних систем, але більшість з них налягаються з перенасиченим функціоналом, направлені на великі підприємства. Ці аналоги в основному дорогі, вимагають довгостроково навчання персоналу або платне обслуговування. До того ж розроблена система універсальна та може бути пристосована до різних організаційно-технічних систем.

Тому доцільно проводити аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з пропозиціями конкурентів. Результат аналізу у табл. 4.2 та 4.3.

Таблиця 4.2

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї
1	Обробка вхідних даних
2	Опис моделі поведінки суб'єктів
3	Аналітичний модуль створення часового ряду
4	Модуль обробки результатів

Таблиця 4.3

Головні конкуренти

(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
Проект	Конкурент 1			
Програмний комплекс опису поведінки суб'єктів ОТС на базі роботи ринку електричної енергії та її аналіз	Система моделювання поведінки об'єкту	Наявність подібних систем	Управління через веб-інтерфейс	Головні конкуренти мають менш адаптивні системи
		Відсутність стартової навчальної вибірки		Використання гнучких алгоритмів

Ідея проекту є актуальною, можна виділити вагомі переваги для споживачів системи. Перелічені техніко-економічні характеристики дають підставу вважати, що проект може мати успіх.

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Для проведення технічного аудиту ідеї проекту, потрібно провести аудит технологій, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту. І для початку потрібно визначити можливість технологічної здійсненності проекту. Результат представлений у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Програмний комплекс опису поведінки суб'єктів ОТС на базі роботи ринку електричної енергії та її аналіз	Технологія розробки веб системи, з використанням гнучких алгоритмів, нейронних мереж	Технологія наявна	Технологія доступна

Технологічна реалізація проекту можлива.

Обрана технологія доступна, не потребує доробки, а також безкоштовна та надає усі необхідні можливості для реалізації поставленої задачі. Для розробки з використанням даної технології необхідно мати персональний комп'ютер для можливості встановлення робочого середовища.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

4.3.1. Аналіз попиту на ринку

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних

клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Для цього спочатку проводиться аналіз попиту.

Таблиця 4.5

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Автори алгоритмів, технічна підтримка, розробники, користувачі
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	600 тис.грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність конкурентів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Система повинна відповідати вимогам, які диктують користувачі.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	11%

Проект є привабливим для входу на ринок.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5). Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Результати представлені у табл. 4.6 та 4.7 відповідно.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 4.8) – за моделлю п'яти сил М. Портера, яка вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції:

- конкурент, що вже є у галузі;
- потенційні конкуренти;
- наявність товарів-замінників;
- постачальники, що конкурують за ринкову владу;
- споживачі, які конкурують за ринкову владу.

4.3.2. Визначення груп потенційних клієнтів

Таблиця 4.6

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1		Малі підприємства	Малі підприємства націлені на автоматизацію бізнес процесів, спрощення роботи без витрат на персонал	Прийнятна цінова політика
2	Потреба в описі моделей поведінки суб'єктів ОТС	Середні підприємства	Середні підприємства націлені на автоматизацію бізнес процесів, розширення функціоналу	Більша ефективність

Завершення табл. 4.6

3	Потреба в забезпеченні базису для операцій прогнозування	Великі підприємства	Великі підприємства націлені на автоматизацію бізнес процесів, зменшення витрат на обслуговування та виробництво	Адаптивність системи до різних типів підприємств
---	--	---------------------	--	--

Визначена характеристика дозволяє зробити висновок, що проект знайде свого покупця, а за рахунок подальшого масштабування та адаптації проект може стати універсальним рішенням.

4.3.3. Аналіз ринкового середовища

Таблиця 4.7

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Недостатня розвиненість інвестиційної діяльності у країні	Коштів може бути не достатньо для реалізації задуманої ідеї	Пошук компаній, які готові бути партнерами, волонтерів, вітчизняних розробників. Реклама партнерської продукції
2	Зростання вимог споживачі	З впровадженням системи вимоги до неї можуть змінюватись	Реалізація оновлень до систем

Таблиця 4.8

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зацікавленість інвесторів	Інвестори можуть бути зацікавлені у нестандартному підході реалізації та вирішенні проблеми	Зацікавленість інвесторів може допомогти залучити експертів для розробки ефективного і надійного ПЗ
2	Новизна ідеї	Незвичайна ідея може залучити нових партнерів	Налагодження зв'язків, залучення нових партнерів
3	Нові проекти	На базі запропонованої ідеї можна розробити додаткові програмні системи для інших ОТС	Активна роль у розвитку нових гілок справи, які можуть збільшити прибуток

Стартап-проект можна впроваджувати на ринок.

Надалі проводиться аналіз пропозиції – визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.9): визначаються тип можливої майбутньої конкуренції та її інтенсивність, рівень конкурентоспроможності за рівнем конкурентної боротьби, видами товарів і галузевою ознакою.

4.3.4. Аналіз пропозиції

Таблиця 4.9

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Монополістична
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Національний
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова	Товарно-родова
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Немарочна

Конкуренція для реалізації проекту на ринку прийнятна.

4.3.5. Аналіз умов конкуренції в галузі 5 сил М. Портера

Для визначення умов конкуренції в галузі 5, проведемо аналіз сил М. Портера, що допоможе виявити прямих конкурентів та постачальників.

Таблиця 4.10

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Аналогічні системи на ринку	Нові системи на ринку	Розробники бібліотек, фреймворків та алгоритмів, які можна використовувати у розробках	Можливість гнучкого впровадження системи	Аналогічні системи
Висновки	Так як розроблена система має суттєві функціональні переваги, то інтенсивність щодо боротьби припустима	Враховуючи, що при впровадженні таких систем не має стартових пропозицій, то бар'єр для входу на ринок прийнятний	Постачальники не диктують умови на ринку, а лише надають інструмент для реалізації	Головними умовами є вирішення поставленої задачі. Клієнти диктують умови на ринку	Обмеження на ринку з боку товарів-замінників — мінімальна

Висновок: проект може бути впроваджений на ринку з огляду на конкурентну ситуацію.

4.3.6. Перелік факторів конкурентоспроможності

- гнучкість використання: система може бути адаптована на нові вимоги ринку та інші ОТС;
- продуктивність: запропонована система використовує фреймворки,

що підвищують ефективність роботи ПЗ;

- новизна – запропонована система описує складові економічної системи як суб'єкти ОТС.

Зазначені фактори надають проекту можливість виходу на ринок, так попиту споживачів.

4.3.7. Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

Таблиця 4.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали	Прямі конкуренти	ОТС
1	Гнучкість використання	1-20	5	15
2	Продуктивність	1-20	15	21
3	Новизна	1-20	10	30
			30	66

Інтелектуальна система автоматизованого складу вище завдяки ціновому фактору та новизні запропонованого рішення.

4.3.8. SWOT-аналіз

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (Strength, Weak, Opportunities, Troubles) (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Таблиця 4.12

SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони стартап-проекту	Слабкі сторони стартап-проекту
Маркетинг	
Налагодження партнерських зв'язків, просування продукту на вітчизняному ринку	Недостатній імідж на ринку
Розробка	
Застосування новітніх технологій при розробці	Складність гнучких алгоритмів
Персонал	
Ефективна кадрова політика, професійність та кваліфікованість кадрів, залучення українських розробників та міжнародних експертів	Відсутність достатнього досвіду
Дослідження та розробки	
Постійне оновлення продукції, дослідження направлені на покращення якості системи	Можливі додаткові витрати на навчання персоналу при розробках
Фінанси	
Основна сума статутного капіталу формується за рахунок власних фінансових ресурсів учасників, вкладень інвесторів, замовників	Можливі додаткові фінансові витрати при зміні конфігурацій, оснащення та купівлі обладнання

Продовження табл. 4.12

Можливості	Загрози
Прихильність до впровадження нових технологій на ринок	Зміна політики непрямих конкурентів
Розширення функціоналу системи	Нестабільна політична та економічна ситуація
Послаблення позицій конкурентів	Наявність прямих конкурентів
Використання новітніх світових технологій та засобів розробки	Технологічна невідповідність
Залучення висококваліфікованого персоналу	Не прийняття новизни та запропонованого рішення проекту
Задоволення запитів споживача: час вибору пропозиції, швидкість пошуку, якість оцінки пропозиції	
Збільшення прихильності клієнтів, за рахунок налагодженню партнерських зв'язків	

Проведений SWOT-аналіз показав, що стартап-проект доцільно реалізовувати.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

4.3.9. Альтернативи ринкової поведінки

Таблиця 4.13

Альтернативи ринкової поведінки

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Запровадження у систему нових технологій кластеризації, класифікації, фільтрації та нових гнучких алгоритмів	Розширення клієнтської бази	Від 6 до 12 місяців
Використання висококваліфікованого персоналу	Підвищення якості продукту та швидкість розробки	Від 2 місяців до 6
Формування позитивного іміджу при задоволенні зростаючого попиту	Розширення клієнтської бази	Від 2 місяців до 6
Орієнтація на різні вподобання користувачів, їх вподобання щодо ідеального житла	Розширення клієнтської бази	Від 6 до 9 місяців
Вихід на нові ринки	Пошук інвесторів Розширення клієнтської бази	Від 1 до 4 місяців

4.4. Розроблення ринкової стратегії

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів, які визначені у табл. 4.14.

Таблиця 4.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в сегменті	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Орендарі	Потребують	Попит є	Присутня	Помірно
Продавці	Потребують	Попит є, проте нижчий ніж у орендарів	Присутня	Помірно
Орендарі	Потребують	Попит є	Присутня	Помірно
Покупці	Потребують	Попит є, проте нижчий ніж у орендарів	Присутня	Помірно

Які цільові групи обрано: оскільки різниця між цільовими групами зовсім незначна, а також враховуючи той факт, що компанія має бажання почати продажі (а відповідно і отримання прибутку) якомога швидше, то доцільно враховувати усі цільові групи, тобто використовувати масовий маркетинг, пропонуючи стандартизовану програму.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка визначається у табл. 4.15. Вибір стратегії конкурентної поведінки визначається у табл. 4.16.

Таблиця 4.15

Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Вихід на нові ринки	Стратегія спеціалізації	Надання товару із варіативністю локалізації	Стратегія диференціації
Розширення клієнтоорієнтованого функціоналу	Стратегія диференціації (допускається стратегія спеціалізації)	Надання товару відмінних якостей, які роблять систему особливою на фоні аналогічних розробок	Стратегія диференціації (допускається стратегія спеціалізації)

Таблиця 4.16

Визначення базової конкурентної поведінки

Чи є проект «першопроходцем» на ринку	Ні
Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Обидва варіанти
Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Так
Стратегія конкурентної поведінки	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу

асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку або проект.

Таблиця 4.17

Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Доступна ціна, простота і зручність використання, універсальність	Стратегія диференціації	Вирішення важливих поставлених задач швидко, легко та зрозуміло навіть без інструкцій. Легкість і простота у використанні. Доступність через ціну та технічні характеристики	– стандарти якості – метрики ПЗ – ASQAS - automated system of quality assessment software

Результатом є узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку. Отже, робота стартап-компанії на ринку повинна бути спланована орієнтовано таким чином: за стратегією диференціації виконаний і буде поширюватись товар відмінний за властивостями від своїх аналогів, дотримуючись у конкурентній поведінці стратегії «виклику лідера», тобто випускається один товар для усіх можливих споживачів.

Надалі розроблена трирівнева маркетингова модель товару: уточнюються ідея продукту, його фізичні складові, особливості процесу його надання.

4.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.18 підсумовані результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Система автоматизованого складу	Аналітичний блок вирішення кількості робіт на складі.	Розрахункові показники, точність та достовірність яких можна оцінювати; простота, кількість вхідних параметрів; самостійність програмної системи.

Таблиця 4.19

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
Товар за задумом	Перегляд списку заявок; Перегляд списку робіт; Формування заявок; Перегляд статусу робіт; Створення та редагування облікових записів; Аналітичний блок прогнозування;
Реалізований товар	Реалізовано перегляд списку заявок; Перегляд списку робіт; Формування заявок; Перегляд статусу робіт; Створення та редагування облікових записів.

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: від копіювання потенційний товар захистити не складає проблеми. Розроблена математична модель підбору пропозицій, на якій базується програмна система, публікувалась лише у загальних рисах, а без математичної моделі цей ПП лише набір рядків коду. Визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів описано в табл. 4.20.

Таблиця 4.20

Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-аналоги (середнє за місяць)	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни
120000 грн	400000 грн	40000-340000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення як показано в табл. 4.21: проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників, вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту, вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 4.21

Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Бажання отримати більше за менші гроші	Залучення клієнтської бази та продаж	Нульовий рівень: тільки виробник	Вертикальна маркетингова система

Останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів як показано в табл. 4.22.

Таблиця 4.22

Формування системи збуту

Поведінка цільових клієнтів	Канали комунікацій цільових клієнтів	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
Бажання отримати більше за менші гроші	Будь-які, але бажано з великою кількістю візуального контенту	Низька ціна Широкий вибір функціоналу Легкий і простий у використанні продукт	Донести до користувача суть продукту, його якість, та залучити якомога більше зацікавлених клієнтів

4.6 Економічне обґрунтування розробки

У даному підрозділі наведено економічне обґрунтування створення даного проекту: загальні витрати на розробку, супровідні витрати, можливі джерела інвестицій, строки та умови повернення займаних коштів. З метою реалізації проекту організовується ФОП, форма оподаткування ЄСВ, ставка 6%, об'єкт оподаткування – «доходи мінус витрати». Процес реалізації можна розбити на два етапи: підготовчий і операційний. До підготовчого відноситься підбір персоналу, організація робочих місць, проплата ліцензій на програмне забезпечення.

Таблиця 4.23

Формування системи збуту

Позиція	Необхідний строк здіяльності на проєкті	Заробітна плата(\$\міс)
Архітектор\ Проектний менеджер	8 місяців	3500
Розробник клієнтської частини	6 місяців	2000
Розробник серверної частини	6 місяців	2200
Тестувальник	4 місяці	500
Маркетолог	8 місяців	600
Всього	8 місяців	70400

Із табл. 4.23 бачимо, що загальний час на розробку – 8 місяців, з яких 2 перших місяці займатиме планування архітектури та розробка маркетинг-плану продукту. Із 3-го місяця починатиметься розробка програмного продукту. Із 5-го місяця запланований початок тестування. Далі наведена таблиця із супровідними витратами, необхідними на час розробки проєкту.

Таблиця 4.24

Супровідні витрати

Позиція	Необхідний строк діяльності на проєкті	Вартість
Оренда приміщення	8 місяців	8000
Оренда офісних меблів	8 місяців	200
Технічне забезпечення	-	5000
Програмне забезпечення	8 місяців	1000

Завершення табл. 4.24

Офісне приладдя	-	500
Логістика	8 місяців	200
Реклама та просування	-	18 000
Форс-мажорні витрати	8 місяців	5000
Всього	8 місяців	37900

Маючи інформацію про необхідні матеріальні та нематеріальні активи, а також про очікувані річні обсяги збуту створеного продукту із табл. 4.24, отримуємо наступні дані Обсяг інвестиційних витрат – 108 300 у.о., з яких власні кошти ініціатора проекту – 10 000 у.о. Нестачу коштів планується покрити за допомогою залучення банківського кредиту на термін 48 місяців зі ставкою 14% річних. Кредитні канікули три місяці.

Висновки до розділу

Отже, ринкова (маркетингова) програма орієнтовано має бути побудована таким чином:

- розробка продукту;
- вибір сегменту ринку та пошук клієнтів;
- стратегія розвитку – стратегія розподіленості, тобто формування конкурентоспроможності досягається шляхом надання споживачу товару, якого той потребує. На основі детального вивчення середовища споживання розробляється одна або декілька особливих характеристик власного товару;
- стратегія конкурентної поведінки – стратегія виклику лідера, тобто на споживчому ринку націлюватись на всіх можливих споживачів, у тому числі клієнтів фірм-конкурентів. Така стратегія будується за принципом «йти слідом» за лідером ринку. За наступні цілі ставиться можливість обійти лідерів цільового сегменту.

Стан та динаміка ринкового середовища на сьогоднішній день і ще багато років є і будуть залишатись сприятливими для впровадження розробленої системи, а також для її необхідності.

Конкурентні переваги створеного продукту очевидні. На вітчизняному ринку аналогів майже не існує, а існуючі – вкрай низької якості. На міжнародному ринку конкуренція наявна та буде рости, якщо не підтримувати та не розвивати свій продукт.

Також, після проведення аналізів можливого цільового сегменту (споживачів), потреб споживачів та можливого попиту, динаміки ринку та рентабельності роботи на ринку, можна однозначно зробити висновок, що створений проект доцільний до комерціалізації.

Перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможності проекту – прямі, і тільки доводять можливість впровадження, та не марну розробку створеного продукту.

ВИСНОВКИ

В рамках даної дисертаційної роботи проведено аналіз проблеми опису стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи, поставлені завдання до формалізації моделі опису динаміки поведінки таких суб'єктів та поставлені відповідні вимоги до розробки програмного комплексу вирішення цієї проблеми. Для врахування специфіки характеристик суб'єктів ОТС, в якості якої розглядається ринок електричної енергії, проведено детальний аналіз складових суб'єктів та зовнішніх чинників та факторів, що впливають безпосередньо чи опосередковано на поведінку суб'єктів.

Так як об'єкт дослідження являє собою складну ОТС з багатьма внутрішніми зв'язками, закономірність поведінки яких встановити дуже важко, прийнято рішення про розробку моделі опису на основі експериментальних даних про поведінку суб'єктів за минулі проміжки часу роботи ОТС. Оптимальним варіантом для такого опису обрано математичні часові ряди.

Проведено аналіз часових рядів, класифіковано їх та сформульовано модель опису. На основі вхідних даних про деякі суб'єкти проведено опис моделі та показано рівень адекватності роботи такого підходу, де середньоквадратична похибка склала всього 5,49%, що є відносно високим показником якості.

Як результат, розроблено програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів ОТС, що реалізує вище зазначені підходи та може бути інтегрованим в програмно-технічне середовище функціонування ОТС.

Впровадження такого програмного комплексу аналізу та оцінки стану суб'єктів складної ОТС може суттєво підвищити продуктивність та точність формування вхідних даних для вирішення задачі прогнозування в фінансово-економічних ОТС.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

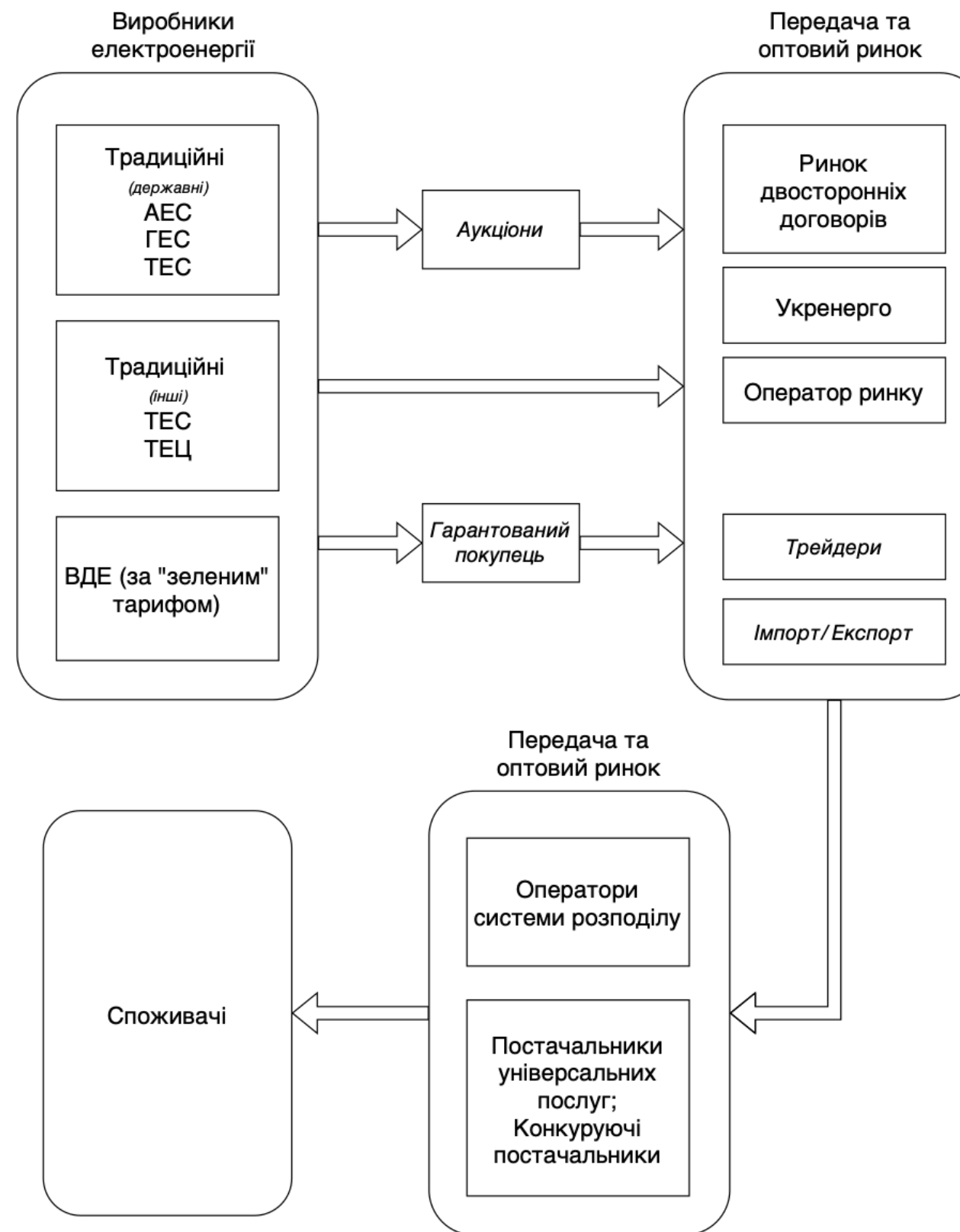
1. Як визначається ціна електроенергії на новому ринку // Е-правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/projects/promarket-energo/2019/07/18/649780/> (дата звернення – 22.09.2019).
2. Тарифи на електроенергію до липня 2019 року // Інформаційне агентство УНІАН. URL: <https://glavcom.ua/news/tarif-na-elektroenergiyu-do-lipnya-2019-roku-ne-zminitsya-nkrekp--522355.html> (дата звернення – 11.10.2019).
3. РАЕС розпочала роботу на новому ринку електроенергії // РНПП. URL: <https://www.rnpp.rv.ua/raes-rozpochala-robotu-na-novomu-rinku-elektroenergiyi.html> (дата звернення – 15.10.2019).
4. Що таке новий ринок електроенергії // БІЗ-НВ. URL: https://biz.nv.ua/ukr/markets/shcho-take-noviy-rinok-elektroenergiji-i-na-yakiy-termin-yogo-hoche-vidklasti-prezident-zelenskiy-50026534.html?prefer_lang=ukr (дата звернення – 12.10.2019).
5. Механізми покладання спеціальних обов'язків на ринку електроенергії має бути скасовано // УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/10753230-mehanizm-pokladannya-specialnih-obov-yazkiv-na-rinku-elektroenergiji-ukrajini-maye-buti-skasovano.html> (дата звернення – 17.11.2019).
6. Визначення ціни електроенергії на новому ринку // CV-News. URL: <https://cvnews.cv.ua/post/view/1563958926-yak-viznachaetsya-cina-elektroenergii-na-novomu-rinku> (дата звернення – 03.10.2019).
7. Як працює ринок електроенергії в Україні // 112UA. URL: <https://ua.112.ua/mnenie/yak-pratsiuie-rynok-elektroenerhii-v-ukraini-503496.html> (дата звернення – 17.10.2019)
8. Прогнозування в енергетиці // Студопедія. URL: https://studopedia.com.ua/1_24026_tema--prognozuvannya-v-energetitsi.html (дата звернення – 21.10.2019).
9. С.А. Чернецов. Методи прогнозування. Київ, 2009. С. 81-84.

10. Аналіз часових рядів і прогнозування: Підручник / В.М. Афанасьєв, М.М. Юзбашев. Київ: Фінанси і статистика, 2001. С. 213–241.
11. Авдєєнко Т.В. Комп'ютерні методи аналізу часових рядів та прогнозування: навч. посібник / Т.В. Авдєєнко. Новосибірськ: НГТУ, 2008. С. 270
12. Аналіз часових рядів і прогнозування: навч. посібник для вузів за фахом «Мат. методи в економіці» / М.В. Бушманова, Т.А. Іванова, Г.Г. Мельникова. Магнітогорськ: МГТУ, 2006. 142 с.
13. Л.І. Муратова. Нормативні системи в прогнозуванні розвитку. *Управління системами*. 2009. №20. С. 24-32.
14. Бокс Дж., Дженкінс Г. Аналіз часових рядів, прогноз і управління / за ред. В. Ф. Писаренко. 1974. 406 с.
15. Кендал М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. Москва, 1976. 782 с.

ДОДАТОК А

Графічні матеріали

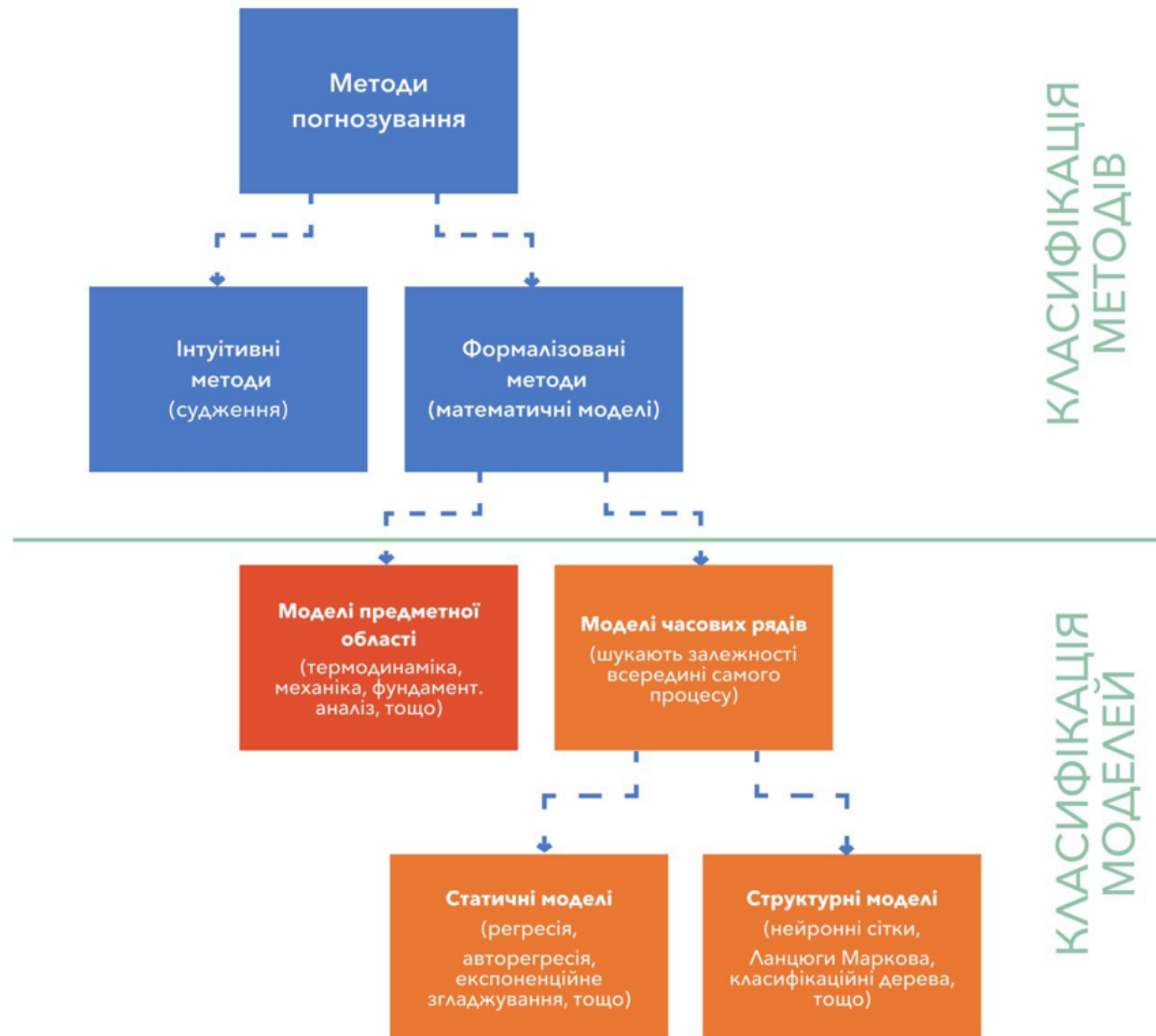
Функціональна схема ОТС як ринку електроенергії



Демонстраційний плакат №1
до магістерської дисертації на тему
«Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»

Розробив: Одинець Т.А.
Прийняв: к.т.н., доцент Остапченко К.Б.

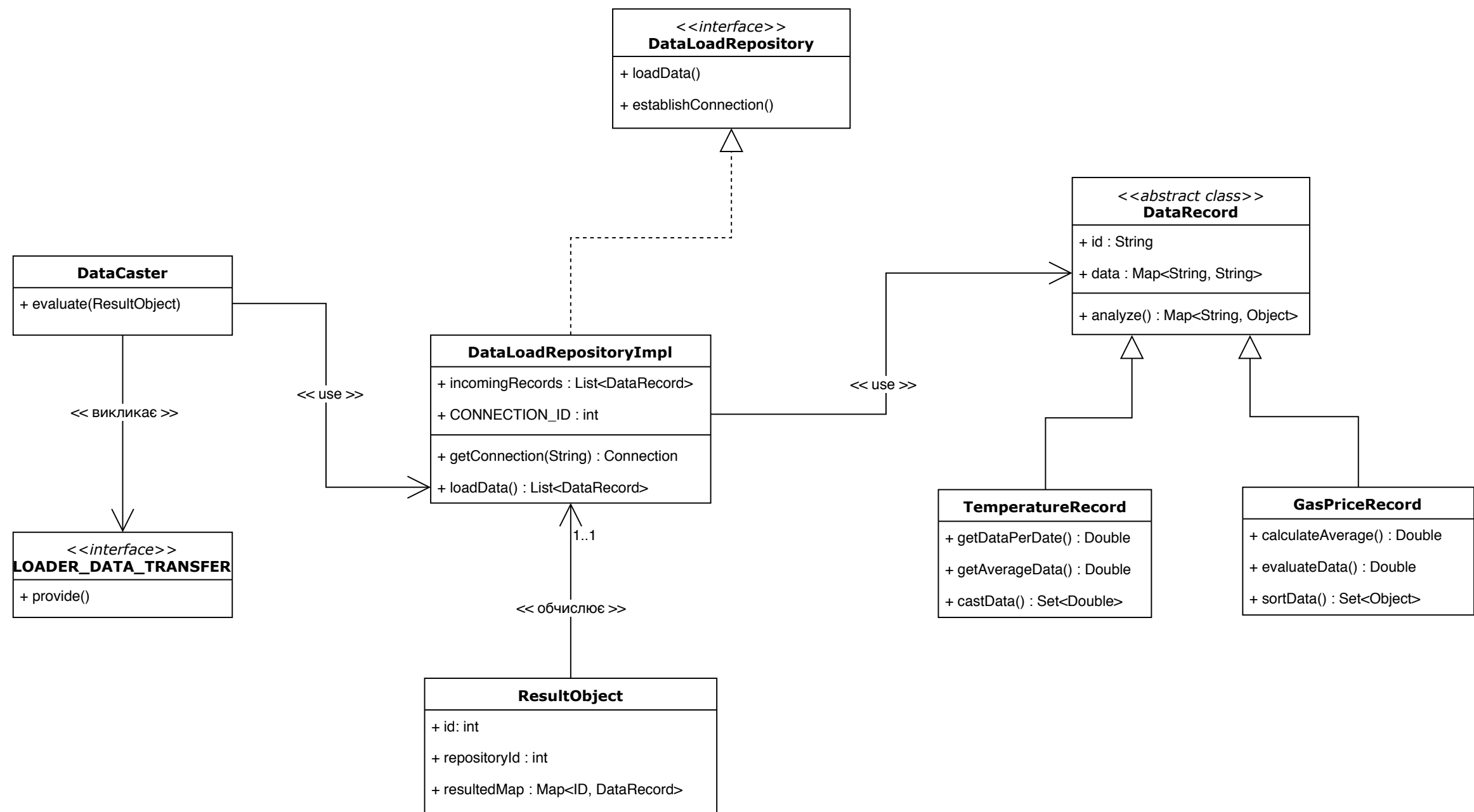
Класифікація методів та моделей прогнозування



Демонстраційний плакат №2
до магістерської дисертації на тему
«Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»

Розробив: Одинець Т.А.
Прийняв: к.т.н., доцент Остапченко К.Б.

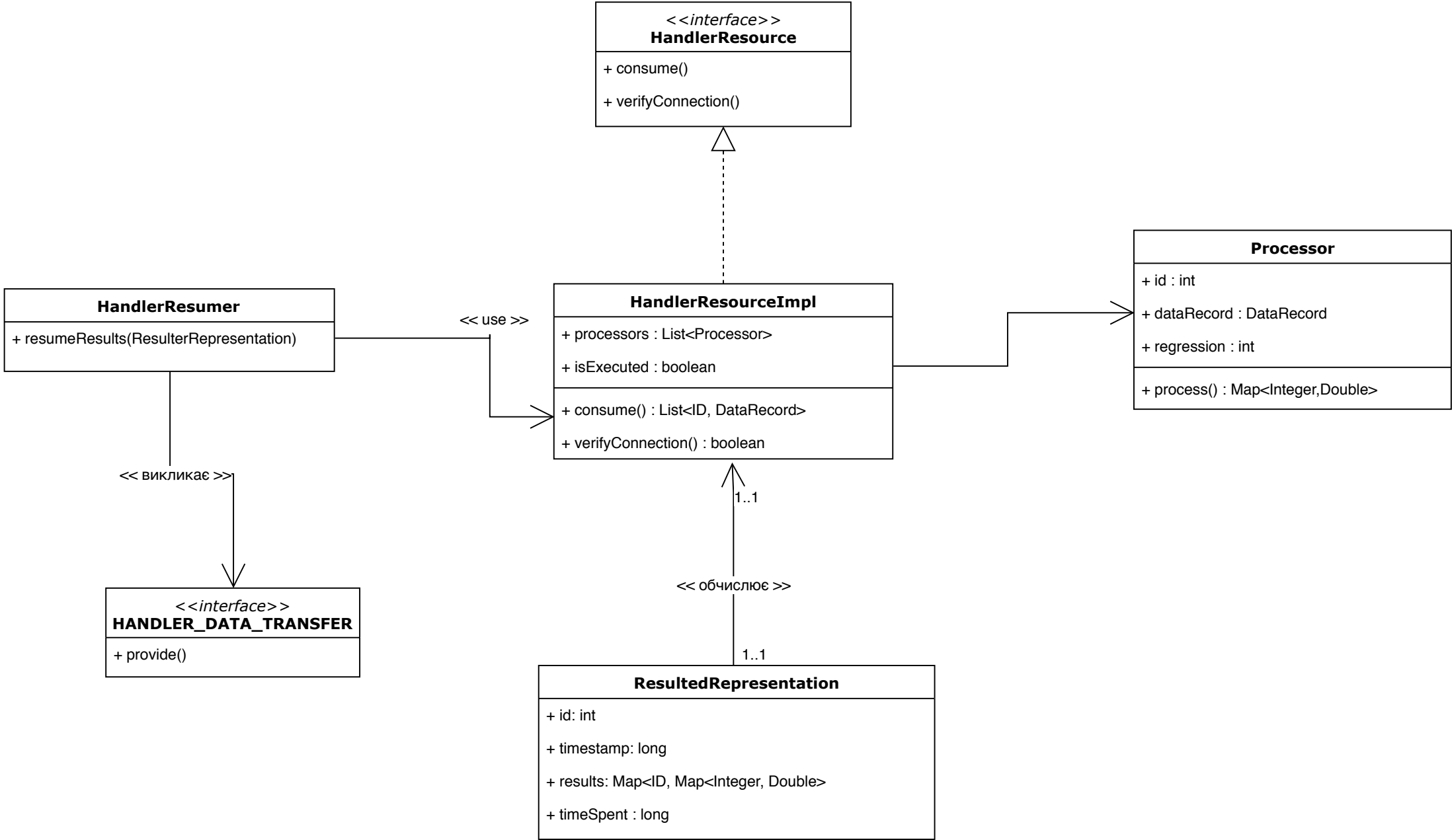
UML-діаграма модулю завантаження даних



Демонстраційний плакат №3
до магістерської дисертації на тему
«Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»

Розробив: Одинець Т.А.
Прийняв: к.т.н., доцент Остапченко К.Б.

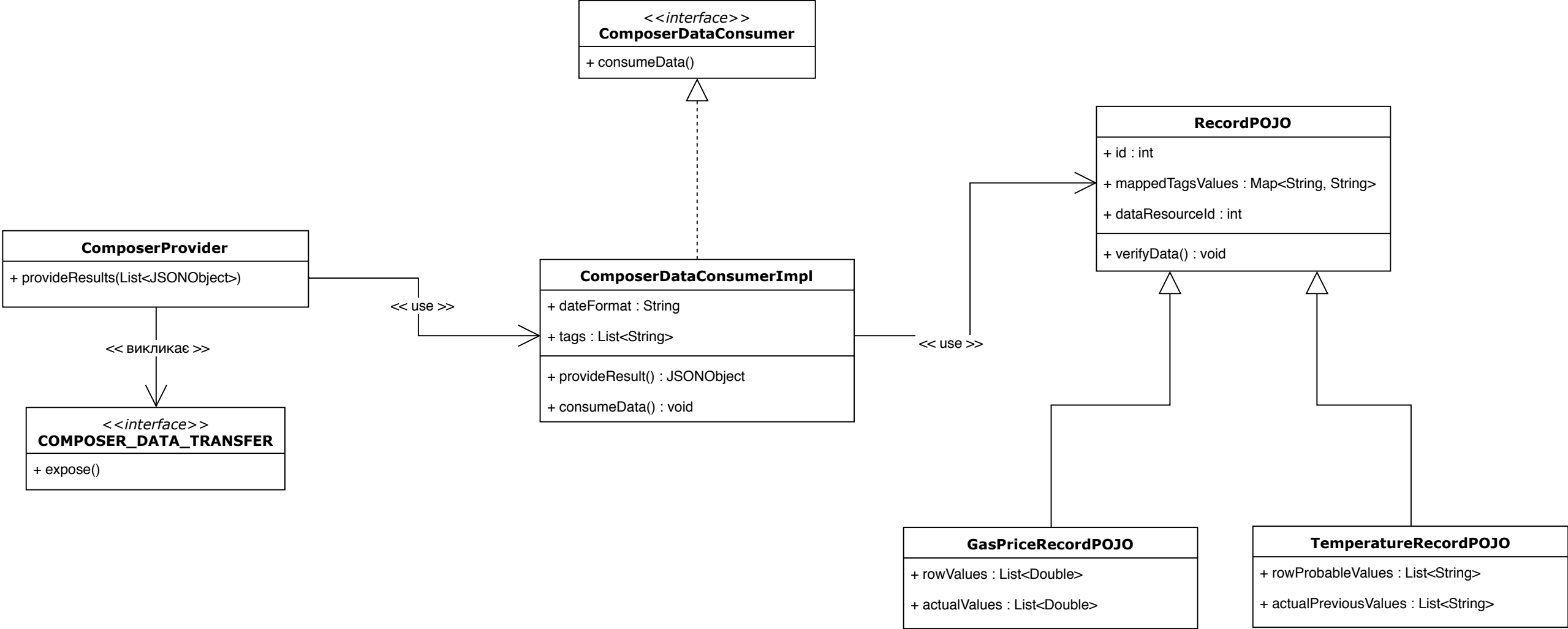
UML-діаграма модулю обробки даних



Демонстраційний плакат №4
до магістерської дисертації на тему
«Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»

Розробив: Одинець Т.А.
Прийняв: к.т.н., доцент Остапченко К.Б.

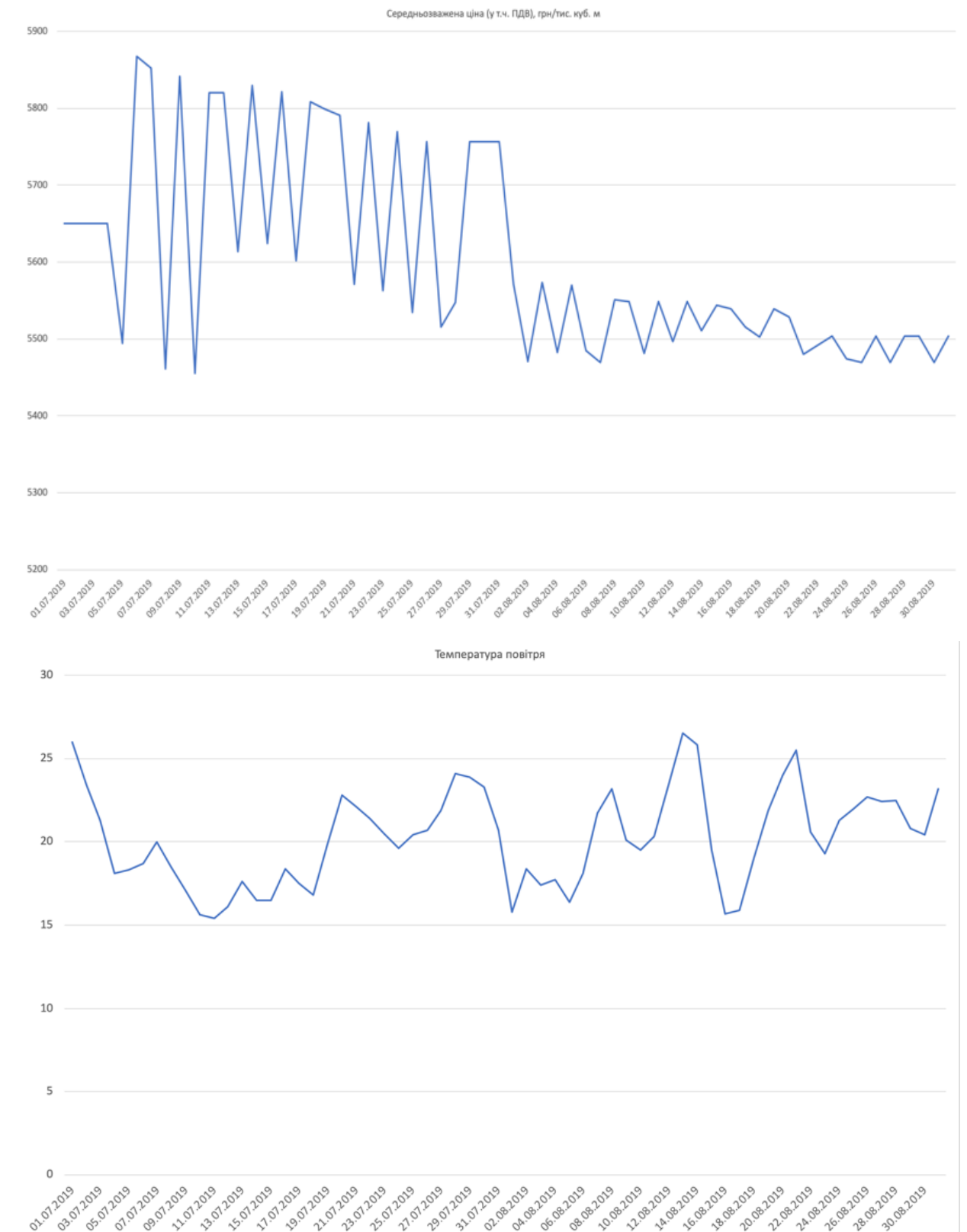
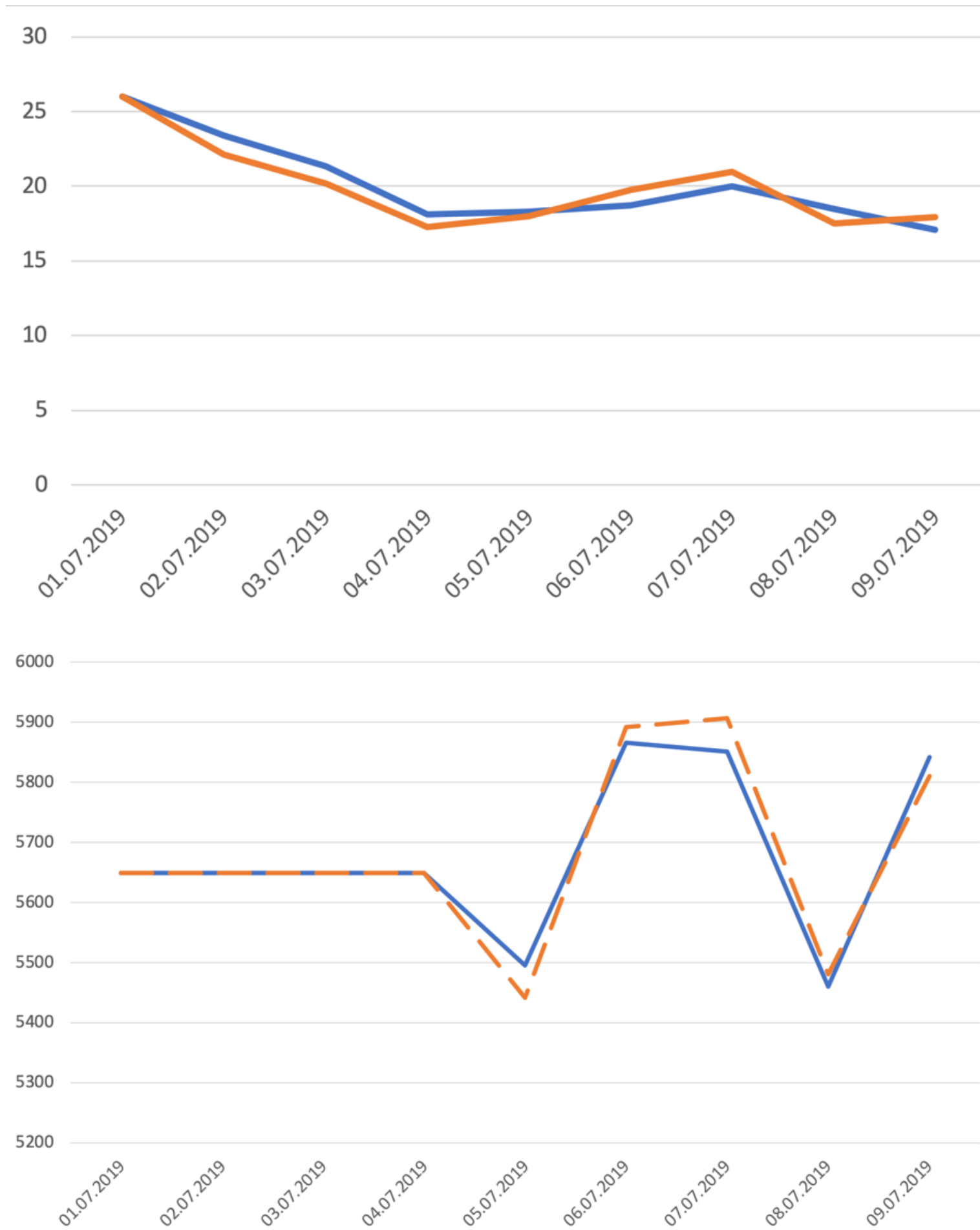
UML-діаграма модулю обробки результатів



Демонстраційний плакат №5
до магістерської дисертації на тему
«Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»

Розробив: Одинець Т.А.
Прийняв: к.т.н., доцент Остапченко К.Б.

Результати роботи запропонованої моделі



Демонстраційний плакат №6
до магістерської дисертації на тему
«Програмний комплекс аналізу та оцінки стану суб'єктів складної організаційно-технічної системи»

Розробив: Одинець Т.А.
Прийняв: к.т.н., доцент Остапченко К.Б.